

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы краевой научно-технической  
конференции  
(г. Пермь, 21 мая 2014 г.)

Пермь 2014

Конференция инициирована Ученым советом электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета и ориентирована на публичную апробацию результатов научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по аспектам научных исследований электротехнического профиля.

Конференция проводится в двух секциях: «Информационные технологии и автоматизированные системы», «Автоматизация технологических процессов и производств».

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны широкому кругу специалистов в области автоматизации и проектирования современных систем автоматизации и управления, информационных технологий, математического моделирования технологических процессов, систем преобразования и обработки информации.

**Редакционная коллегия:**

*А.М. Костыгов*, профессор, канд. техн. наук;

*Б.В. Кавалеров*, доцент, д-р техн. наук;

*А.Б. Петроченков*, доцент, канд. техн. наук;

*Н.М. Труфанова*, профессор, д-р техн. наук;

*Р.А. Файзрахманов*, профессор, д-р экон. наук;

*А.Г. Щербинин*, профессор, д-р техн. наук (отв. редактор);

*А.А. Южаков*, профессор, д-р техн. наук

**Рецензент:**

д-р техн. наук, профессор, советник генерального директора ФПК «Пермский пороховой завод» *В.Н. Аликин*

**Секция I**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**

# ПРОГРАММА АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА САМОСИНХРОННЫХ ЦИФРОВЫХ СХЕМ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПОЛНОМ ТОЛЕРАНТНОМ БАЗИСЕ

Студенты гр. ПМИ-11-1,2 ПГНИУ Ф.А. Пономарев,  
О.Д. Барламов, аспирант кафедры АТ ПНИПУ А.Н. Каменских  
Научный руководитель – заслуженный изобретатель РФ,  
д-р техн. наук, профессор кафедры АТ ПНИПУ С.Ф. Тюрин

Самосинхронные цифровые схемы (ССЦС) как альтернатива синхронным и асинхронным решениям позволяют обеспечить не только повышение быстродействия (производительности) за счёт работы по реальным задержкам логических элементов, повышение надёжности, но и устойчиво работают на пониженном напряжении питания, что особенно актуально для «зелёных» технологий, «грин компьютеринга». В то же время возникает проблема увеличения сложности как процесса проектирования, так и самих схем [1].

В настоящее время имеются средства проектирования ССЦС, например, в ИПИ РАН, в котором активно работает исследовательская группа под руководством Ю.А. Степченкова [1]. Однако схемы работают не в фиксированном базисе, а в базисе достаточно большого количества библиотечных элементов, автоматический синтез в которых по таблице истинности весьма проблематичен.

Исследовательской группой кафедры АТ ПНИПУ и кафедры МОВС ПГНИУ разработана программа UBS2011 автоматизированного синтеза цифровых комбинационных схем в так называемом избыточном базисе – в функционально-полном толерантном базисе по таблицам истинности, которая позволяет автоматизировать процесс абстрактного и структурного синтеза, упрощая тем самым задачу проектирования [2, 3]. Целесообразно доработать эту программу для автоматизированного синтеза двухканальных самосинхронных схем. Для оптимизации схемы предложено по возможности реализовать алгоритм полного перебора, в результате выполнения которого иногда удаётся получить схемы меньшей сложности [4].

**Алгоритм автоматического синтеза ССЦС.** В ходе работы был усовершенствован интерфейс известной программы, добавлены возможности выбора количества переменных; задание функции таблицей истинности и дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ) (рис. 1).



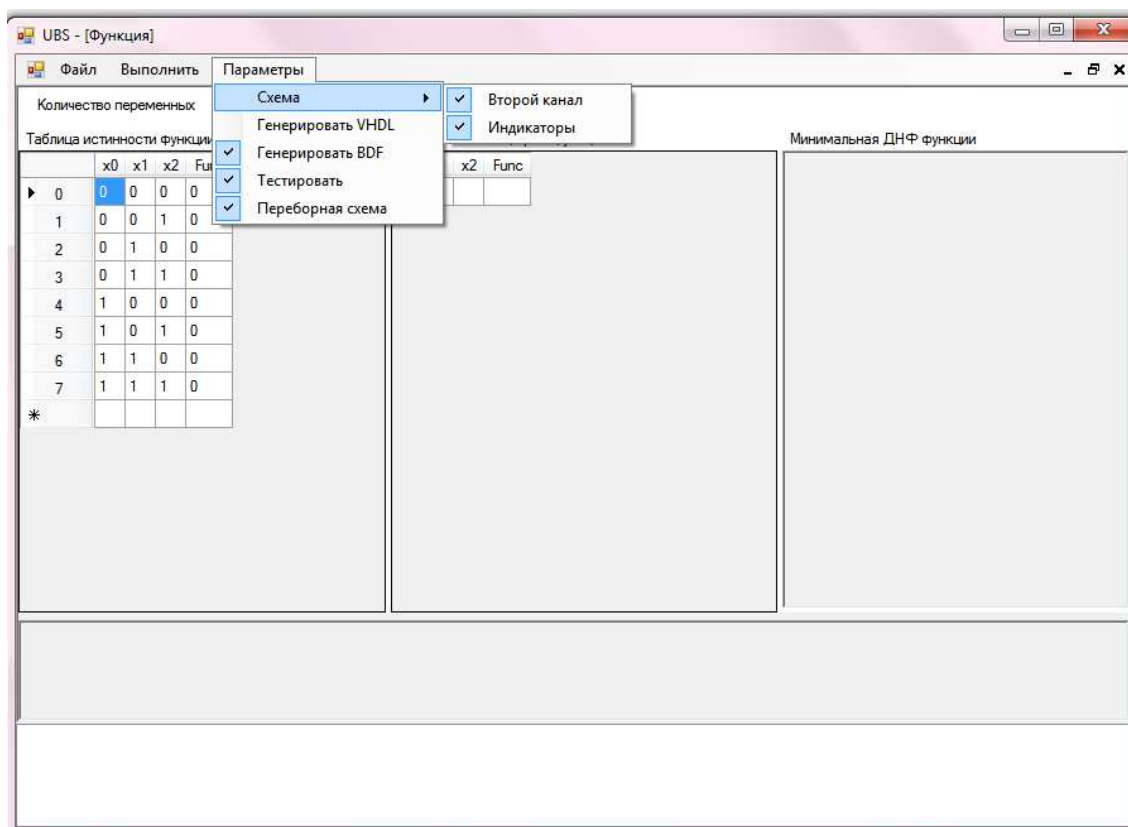


Рис. 1. Интерфейс разработанной программы UBS2014

Функция, полученная по таблице истинности в программе UBS2011, имеет вид:

$f_1 = [2band2\_or2 -x_0 x_1 [2band2\_or2 x_0 x_2 1 1] [2band2\_or2 -x_1 -x_2 x_0 -x_1]]$ ,  
 в этом выражении имеются константы 1, чего не должно быть в ССЦС.

Функция, полученная в разработанной программе, выглядит следующим образом:

$f_2 = [2band2\_or2 x_1 -x_2 [2band2\_or2 x_0 x_0 x_0 x_0] [2band2\_or2 -x_1 -x_2 -x_1 -x_2]]$ ,  
 вместо констант произведено повторение входа X0.

Введена возможность получения схемы по таблице истинности небольшого количества переменных ( $n \leq 4$ ) путем перебора, что позволяет получить реализацию с минимальным количеством элементов.

Функция, полученная в разработанной программе UBS2014, с использованием переборного алгоритма, имеет вид

$$f_3 = [2band2\_or2 x_1 -x_2 x_2 -x_0],$$

то есть количество элементов было сокращено с трех до одного.

BDF-схема, полученная в результате работы программы UBS2011, представлена на рис. 2.

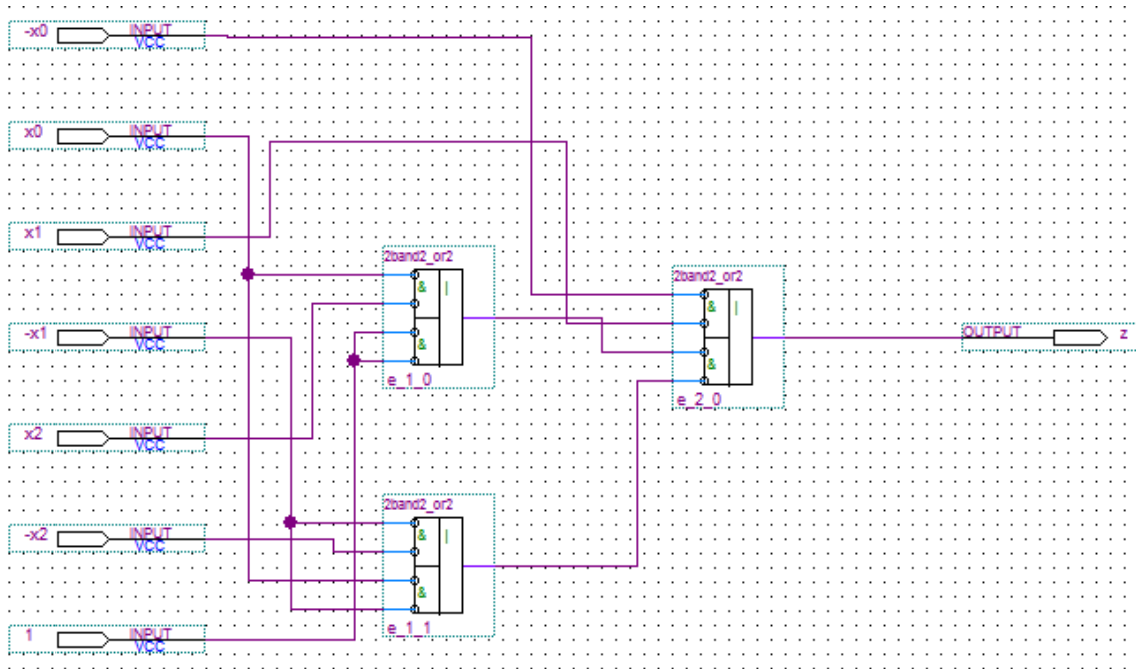


Рис. 2. BDF-схема реализации заданной ДНФ в ФПТ1-базисе, полученная в известной программе UBS2011

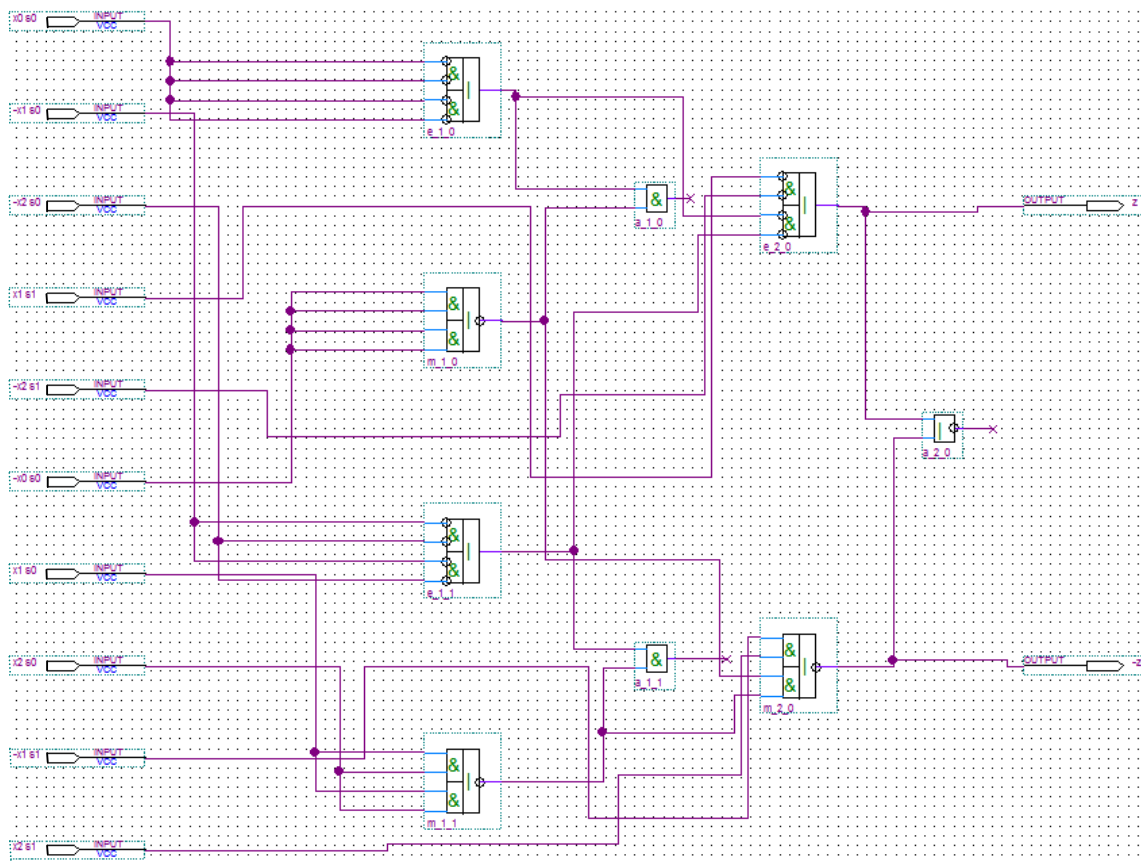


Рис. 3. Строго самосинхронная схема в ФПТ-базисе, полученная в результате выполнения разработанного алгоритма

На первом этапе работы разработанного алгоритма добавляются парафазные входы с чередованием спейсера ( $s_0$  для нечетных слоев и  $s_1$  для четных). Затем выполняется алгоритм синтеза для базиса ФПТ-2 [5], тем самым добавляется второй, парафазный, канал схемы. И в конце, в зависимости от четности слоя, добавляются индикаторы, по умолчанию используется нулевой тип спейсера, для которого в нечетных слоях устанавливаются индикаторы «И», а на четных «ИЛИ-НЕ».

Результат выполнения алгоритма синтеза для строго самосинхронных схем представлен на рис. 3.

**Выводы.** Таким образом, разработана программа автоматизированного синтеза ССЦС в СС ФПТ-базисе [5] путём усовершенствования известной программы UBS2011. Разработаны дополнительные алгоритмы спейсера, синтеза двухканальной схемы и индикации, различения входов четных и нечетных уровней. Реализован алгоритм полного перебора для небольших  $n$ .

Разработанная программа UBS2014 может быть использована в дальнейшем для синтеза ССЦС в СС ФПТ-базисе на базовых матричных кристаллах (БМК) в программе *КОВЧЕГ*.

В дальнейшем целесообразно выполнять оптимизацию алгоритма спейсера, так как при большом количестве переменных корректность выполнения может быть нарушена при некоторых условиях, например, когда элементы с первого уровня могут быть соединены с элементами с третьего.

Кроме того, необходимо обеспечить верификацию полученной ССЦС в системах схемотехнического моделирования, например, *МАЛТИСИМ* и с использованием программного продукта ИПИ РАН – *БТРАН*, анализирующего корректность самосинхронного принципа (полумодулярность).

Авторы также планируют подать заявку на регистрацию разработанного программного продукта.

### Библиографический список

1. Самосинхронный вычислитель для высоконадежных применений / Ю.А. Степченков [и др.] // Проблемы разработки перспективных микро и наноэлектронных систем (МЭС): матер. всерос. науч.-техн. конф. / Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН. – М., 2010. – № 1.

2. Программа автоматизированного синтеза комбинационных автоматов в функционально полном толерантном базисе с формированием VHDL- и BDF-файлов: св-во № 201460120 от 08.11.13 г. о гос. регистрации программы для ЭВМ / С.Ф. Тюрин, О.А. Громов, А.А. Сулейманов, П.С. Шучалов, П.В. Гладышева.

3. Тюрин С.Ф. Функционально-полные толерантные булевы функции // Наука и технология в России. – 1998. – № 4.

4. Каменских А.Н. Особенности синтеза самосинхронного микропрограммного устройства управления // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2013. – № 8. – С. 41–47.

5. Тюрин С.Ф., Каменских А.Н. Самосинхронный функционально-полный толерантный элемент // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2014. – №. 1. – С. 116–120.

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА *MITSUBISHI ALPHA AL2-10R-A*

Студенты гр. ЭВТ-106 ПНИПУ Д.И. Ахметзянов,  
Д.С. Степанова, А.Р. Хаматнурова, Р.И. Южанинов  
Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры ИТАС ПНИПУ А.Б. Федоров

Сегодня современные люди, живущие в мире высоких технологий, стремятся облегчить свою жизнь, путем внедрения в свою повседневную деятельность устройств, которые могут взять на себя ряд обязанностей по выполнению различных управленческих функций в квартирах, домах, офисах или на производственных предприятиях. Одним из таких типов устройств является программируемый логический контроллер или контроллер с программируемой логикой [1–4].

Программируемый логический контроллер – это электронная составляющая промышленного контроллера, специализированного (компьютеризированного) устройства, используемого для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима длительной работы ПЛК, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, выступает его автономное использование, без серьезного обслуживания и практически без вмешательства человека. Одним из явных представителей данного типа устройств является контроллеры *Mitsubishi* серии *Alpha*, а именно ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A* (рис. 1).



Рис. 1. ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*

ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A* – представитель линейки недорогих компактных программируемых логических контроллеров для малых и средних задач автоматизации.

Данный тип контроллера предназначен для использования в прикладных целях автоматизации в следующих областях:

- автоматизация систем осветительных приборов, систем кондиционирования воздуха или систем полива растений;
- открытие и закрытие ворот;
- простые системы обеспечения безопасности;
- системы распределения кормов в области животноводства;
- управление работой скотопригонных дворов и парников.

Для получения первичных навыков работы с контроллером с программируемой логикой, моделированию цепей и программированию методом функциональных блоков в рамках дисциплины «Практикум по ИТ» был разработан простейший виртуальный стенд на базе ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A* (рис. 2).

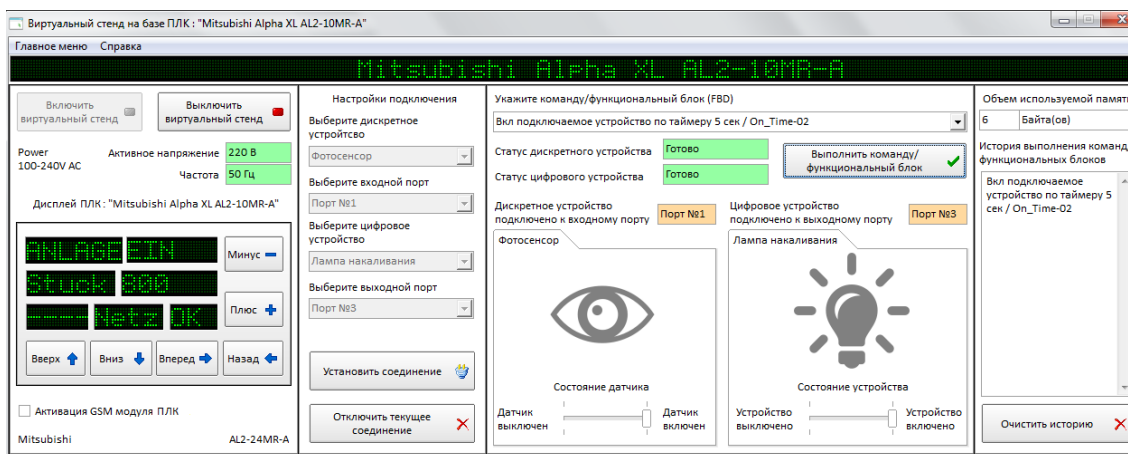


Рис. 2. Интерфейс виртуального стенда на базе ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*

Виртуальный стенд представляет собой совокупность программных модулей, тесно связанных друг с другом, каждый модуль уникален и выполняет свои определенные функции.

Структура виртуального стенда представлена в таблице.

Структура виртуального стенда на базе ПЛК  
*Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*

Наименование программного модуля	Назначение программного модуля
Основной программный модуль	Главный программный модуль представляет собой набор инструментов для реализации всех необходимых задач: начиная от включения виртуального стенда и заканчивая реализацией команд/функционального блока(ов)
Технические характеристики	Модуль предназначен для технического описания программируемого логического устройства <i>Mitsubishi Alpha AL2-10R-A</i>
Справка	Программный модуль предназначен для информационной поддержки виртуального стенда

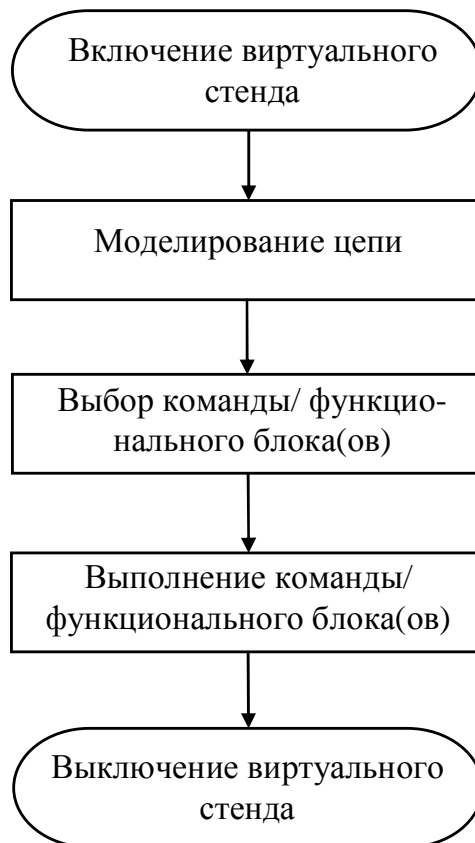


Рис. 3. Алгоритм работы на виртуальном стенде на базе ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*

*Включение виртуального стенда.* На первом этапе работы с виртуальным стендом необходимо произвести операцию «Включение виртуального стенда». После его включения пользователь видит

информационный дисплей ПЛК и все необходимые данные: активное напряжение, частоту, исправность, подключённые устройства/модули и прочие данные.

*Моделирование цепи.* На следующем этапе необходимо смоделировать цепь: выбрать дискретное и цифровое устройство, а также выбрать порты для подключения этих устройств к контроллеру с программируемой логикой. Для моделирования цепи пользователю предоставлены следующие устройства.

Дискретные устройства:

- фотосенсор;
- датчик влажности;
- датчик движения;
- датчик температуры;
- геркон.

Цифровые устройства:

- лампа накаливания;
- электронный замок;
- охранная система;
- нагреватель;
- система пожаротушения;
- электродвигатель.

После выбора элементов цепи пользователь должен нажать на кнопку «Установить соединение», выбранные устройства визуально отобразятся на виртуальном стенде.

*Выбор команды/функционального блока(ов).* Команда – функциональный блок или совокупность функциональных блоков предназначенных для программирования ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*. Пример структуры команды представлен на рис. 4.

Команда		
Командный блок ON (Включение)	Логический блок OR (Или)	Командный блок OFF (Выключение)

Рис. 4. Структура команды для выполнения на ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*

Поскольку виртуальный стенд носит исключительно ознакомительный характер, то было решено предоставить пользователю уже готовый набор команд для программирования, однако в дальнейшем при усложнении виртуального стенда возможно дописать логику



виртуального стенда для предоставления пользователю возможности самому программировать ПЛК методом функциональных блоков.

*Выполнение команды/функционального блока(ов).* После выбора команды пользователь может начать программировать логическое устройство. В зависимости от выполнения команд изображение и индикаторы, характеризующие текущее состояние дискретного или цифрового устройства, будут изменяться. Также пользователю предоставлены статистика и история выполнения команд.

*Выключение виртуального стенда.* Последний этап алгоритма – выключение виртуального устройства. После реализации всех необходимых задач пользователю следует выключить виртуальный стенд. Для выполнения этой команды пользователю необходимо найти и нажать соответствующую кнопку.

Виртуальный стенд разработан в назначенные сроки, все исходные задачи реализованы в полной мере, разработан сопроводительный документ: отчет о проделанной работе.

### **Библиографический список**

1. Мандел Т. Дизайн интерфейсов. – М.: ДМК Пресс, 2005.
2. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование. – СПб.: Символ-Плюс, 2006. – 1056 с.
3. Руководство по аппаратной части ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*.
4. Руководство по средствам связи ПЛК *Mitsubishi Alpha AL2-10R-A*.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ В ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЕ ВУЗА**

**Студенты гр. АТПП-106 ПНИПУ И.С. Лузянин,  
гр. ИСУП-13-1м ПНИПУ П.С. Нечкин**

**Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ И.А. Шмидт**

В рамках исследования рассматривается возможность применения интегрированной логистической поддержки (ИЛП) для сопровождения ИТ-инфраструктуры вуза [1–4].

Интегрированная логистическая поддержка представляет собой совокупность видов инженерной деятельности, ориентированной на обеспечение высокого уровня показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием.

Обычно ИЛП применяется для снижения стоимости жизненного цикла наукоемких изделий в сферах, где имеется возможность нанесения вреда жизни и здоровью человека.

Данное исследование – попытка применения ИЛП, ориентированная на достижение следующих целей:

- снижение затрат на содержание и обслуживание ИТ-инфраструктуры;

- повышение функциональной устойчивости инфраструктуры.

При этом в ИТ-инфраструктуре отсутствует вопрос риска для жизни, что отличает ее от других сфер применения ИЛП.

ИЛП состоит из нескольких стадий, выполняемых последовательно.

Состав видов деятельности, входящих в ИЛП, включает:

- анализ логистической поддержки (АЛП);

- разработку и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации на изделие;

- планирование и управление материально-техническим обеспечением (МТО);

- планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия (ТОиР);

- планирование и организацию обучения персонала, в том числе разработку технических средств обучения;

- поддержку программного обеспечения и вычислительных средств;
- описание инфраструктуры систем технической эксплуатации (СТЭ);
- планирование и организацию процессов упаковывания, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия;
- мониторинг эксплуатационно-технических характеристик изделия (ЭТХ) и процессов эксплуатации и технического обслуживания;
- планирование и организацию процессов утилизации изделия и его составных частей.

Основную часть задач ИЛП ИТ-инфраструктуры планируется выполнить в программном комплексе *LSA Suite* [5–6].

ИТ-инфраструктура в высших учебных заведениях является вспомогательным элементом, поэтому ей не всегда уделяется должное внимание. В связи с этим в инфраструктуре наблюдается ряд проблем:

- процесс поддержания инфраструктуры в рабочем состоянии довольно затруднителен;
- процесс закупки нового оборудования не рационален и не регламентирован;
- невозможно даже приблизительно спрогнозировать выход оборудования из строя;
- отсутствует регламент по эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования;
- наблюдается нехватка человеческих ресурсов.

Выполнение задач ИЛП в программе *LSA Suite* происходит последовательно в соответствии со стадиями, описанными выше. Для каждой стадии ИЛП разработана своя методика. Для функционирования этих методик в программе используются справочники, которые содержат полную информацию об исследуемом изделии (объекте). Программный комплекс *LSA Suite* разработан для авиационной промышленности, специфика которой полностью отличается от специфики ИТ-инфраструктуры. Для применения программы в ИТ-инфраструктуре следует понимать эти различия. В таблице приведено сравнение специфики авиационной промышленности и ИТ-инфраструктуры вуза.

## Сравнение специфики авиационной промышленности и ИТ-инфраструктуры вуза

Авиационная промышленность	ИТ-инфраструктура
Периоды эксплуатации регламентированы	Отсутствуют определенные периоды эксплуатации
Существуют международные справочники и классификаторы для проведения ИЛП	Отсутствуют справочники и классификаторы для проведения ИЛП
Необходим учет элементов изделия, без которых возможна эксплуатация	Отсутствует возможность выделения таких элементов
ИЛП нацелена на снижение риска для жизни людей и на снижение стоимости жизненного цикла	ИЛП нацелена на повышение надежности и отказоустойчивости оборудования

В рамках исследования считается, что технология проведения ИЛП не зависит от специфики объекта исследования, поэтому существующие в *LSA Suite* методики не должны подвергаться изменению для применения в ИТ-инфраструктуре. Справочники же следует полностью изменить под специфику исследуемого объекта.

Рассмотрим, к примеру, процесс анализа обслуживания, обеспечивающего надежность (АООН), проводимый на стадии АЛП. В программном комплексе *LSA Suite* этот анализ проводится при помощи методики MSG-3. Анализ позволяет оценить тяжесть последствий отказа методом последовательных ответов на ряд вопросов, определяемых справочниками.

Для проведения MSG-3 анализа ИТ-инфраструктуры необходимо внести следующие изменения в эти справочники:

- изменить вопросы для определения категории функционального отказа;
- изменить вопросы, возникающие при анализе причин отказов;
- изменить определения категорий тяжести отказов.

Все справочники должны изменяться в модуле *PDM Step Suite*, который входит в комплект *LSA Suite*.

Аналогично следует поступить с остальными справочниками, используемыми в методиках *LSA Suite*, на всех стадиях ИЛП.

Теперь рассмотрим структуру ИЛП подробнее и определим в ней место *LSA Suite* и других программно-технических средств.

На стадии АЛП производится сбор информации об объекте: анализируются сценарии применения объекта, строятся логистические структуры, проводится функциональный анализ. Затем проводится

анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Процедуру АЛП завершает анализ обслуживания, обеспечивающего надежность (АООН).

На выходе формируются база данных АЛП (БД АЛП), логистическая структура изделия (ЛСИ) и логистическая структура функций (ЛСФ). Эти данные являются источниками информации для следующих стадий ИЛП.

Далее выполняется разработка регламента и технологии обслуживания. Регламенты и технологии, разработанные здесь, используются при проведении технического обслуживания и ремонта (ТОиР) изделия в процессе эксплуатации.

После того как регламенты и методики разработаны, выполняются планирование средств материально-технического обеспечения (МТО), подготовка электронной эксплуатационной документации и расчет эффективности денежных затрат.

К средствам МТО относятся запасные части и расходные материалы, которые закупаются организацией для обеспечения изделия (объекта). Электронная эксплуатационная документация (ЭЭД) формируется персоналом, управляющим функционированием изделия (объекта). Данные об эффективности денежных затрат возвращаются к управляющему персоналу для выполнения анализа, остальные данные направляются персоналу, осуществляющему эксплуатацию, ТО и ремонт системы. Расчеты, выполняемые на описанных стадиях ИЛП, выполняются в программе *LSA Suite*.

Эксплуатация системы будет проводиться по методикам и регламентам, разработанным ранее, при этом необходимо вести мониторинг системы в реальном времени, фиксировать изменения ее работы в процессе эксплуатации и в периоды проведения ТОиР. На выходе процессов эксплуатации и ТОиР формируются данные о фактических эксплуатационно-технических характеристиках (ЭТХ) системы. Эти данные являются входными данными для проведения повторного АЛП и уточнения методик эксплуатации и ТОиР.

В связи с тем, что при первом проведении ИЛП отсутствуют эксплуатационные данные, необходимые для проведения АЛП, они будут заменены теоретическими. В процессе технической эксплуатации будут получены эксплуатационные данные, которые будут использованы при выполнении повторного АЛП. Затем регламенты и методики будут приведены к реальным условиям эксплуатации.

Разработанная методика позволит добиться следующих результатов:

- повышения надежности ИТ-инфраструктуры;
- облегчения процесса управления инфраструктурой;
- обеспечения резервирования оборудования и своевременного устранения неисправностей в процессе работы.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ Р 53392-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения.
2. ГОСТ Р 53393-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
3. ГОСТ Р 53394-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения.
4. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е.В. Судов, А.И. Левин, А.В. Петров, Е.В. Чубарова. – М.: ИнформБюро, 2006. – 232 с.
5. CALS-технологии для военной продукции / А.Г. Кабанов, А.Н. Давыдов, В.В. Барабанов, Е.В. Судов // Стандарты и качество. – 2000. – № 3. – С. 33–37.
6. Сайт НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cals.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

# КОНЦЕПЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Студент гр. КЗИ-126 ПНИПУ Р.Б. Рашевский**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ *А.С. Шабуров*

Среди актуальных проблем информационной безопасности сохраняется необходимость внедрения инновационных решений, обеспечивающих эффективное обеспечение защиты информации в информационно-управляющих системах (ИУС). Особенно важной эта задача становится при разработке и эксплуатации ИУС, осуществляющих управление критически важными объектами (КВО).

Наиболее уязвимыми с точки зрения результатов негативного информационного воздействия считаются объекты систем энергообеспечения и водоснабжения, системы управления транспортом, банковские системы, компоненты ядерно-энергетического комплекса [1–2].

За последние годы был выявлен ряд специально разработанных вредоносных программ, направленных на поражение ИУС посредством разрушающего программного воздействия в условиях локальных военных конфликтов, политического и экономического противоборства. Это послужило основанием считать подобные вредоносные программы относящимися к классу так называемого «кибернетического оружия».

Принимаемые в настоящее время меры по обеспечению информационной безопасности КВО не способны противостоять современным узконаправленным атакам на информационную инфраструктуру, эффективно блокировать и осуществлять оперативное восстановление информационных систем. В связи с этим обеспечение информационной безопасности ИУС требует применения принципиально новых методов и подходов к обеспечению их информационной безопасности и является конечной и главной задачей в сфере обеспечения информационной безопасности КВО [3].

Существование проблем в области обеспечения безопасности информации требует поиска эффективных решений на основе инновационных подходов. В качестве основы для построения систем защиты

информации применение нейронных сетей имеет наиболее возможный потенциал. Например, на базе нейронных сетей возможно создание многокритериальной системы анализа информационных взаимодействий, основанной на нечеткой логике, что позволит выявлять еще не известные узконаправленные информационные угрозы [4]. Данный аспект выгодно отличает системы обеспечения информационной безопасности на базе нейронных сетей от любых других систем, построенных с использованием технологий сигнатурного анализа, эвристики, эмуляции и т.д.

Основным компонентом ИУС являются автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов, позволяющие вести непрерывный мониторинг и непосредственное управление технологическим процессом КВО. В связи с этим АРМ вынуждены работать в режиме жесткого реального времени. Помимо этого, как правило, АРМ построены на базе маломощных аппаратных вычислительных платформ.

Исходя из перечисленных выше особенностей АРМ, выполнение дополнительных сложных вычислительных расчетов, связанных с обнаружением и детектированием вредоносного информационного воздействия, непосредственно на АРМ может привести к нарушению корректности выполнения основной функциональной нагрузки, доступности управляющих процедур и, в конечном счете, к нарушению технологического процесса управления КВО. Таким образом, не представляется возможным обеспечить эффективное функционирование системы защиты информации непосредственно на основе АРМ.

В связи с этим предлагается реализовать архитектуру типа «клиент–сервер» в рамках программно-аппаратного комплекса обеспечения информационной безопасности КВО. Использование данной архитектуры позволит перенести ресурсоемкие вычисления и аналитический функционал с конечных точек (АРМ) на центральный вычислительный модуль (ЦВМ).

В рамках рассматриваемой концепции программно-аппаратного комплекса предусматривается установка клиентских агентов непосредственно на АРМ. Клиентские агенты осуществляют сбор информации о системной активности тех или иных компонентов АРМ, передачу собранной информации на центральный вычислительный модуль и выполнение действий, полученных с центрального вычислительного модуля.



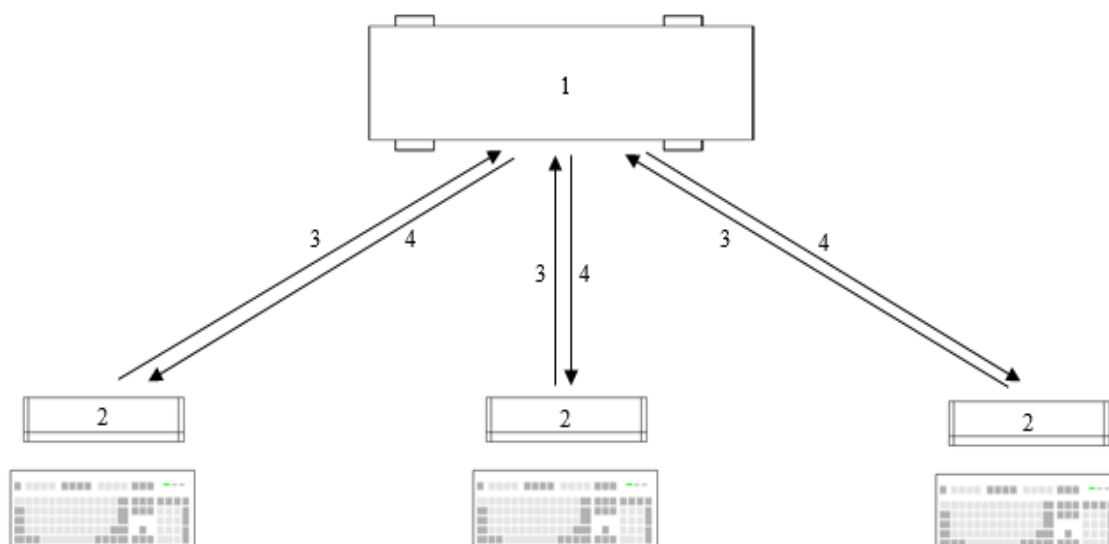


Рис. 1. Схема взаимодействия аппаратно-программного комплекса: 1 – ЦВМ, 2 – АРМ, 3 – информация о системной активности, 4 – управляющие команды

ЦВМ представляет собой аппаратное устройство, реализующее на аппаратном уровне нейронную сеть. Основными функциями ЦВМ являются: прием информации от клиентских агентов (установленных на АРМ), анализ и принятие решений в автоматическом режиме, а также отправка управляющих команд клиентским агентам.

Клиентский агент представляет собой программное средство, реализующее принцип фильтра по отношению к ядру операционной системы (ОС), выполняющее перехват всех обращений к ядру операционной системы, с учетом всех возможных действий со стороны какого-либо компонента системы, установленной на АРМ.

Алгоритм работы клиентского агента предполагает последовательность действий:

- перехват обращения к ядру операционной системы;
- передачу информации на ЦВМ;
- получение решения центрального вычислительного модуля о легитимности действия;
- блокирование/разрешение обращения к ядру ОС.

На данном этапе ЦВМ анализирует активность компонентов системы на АРМ. В результате анализа ЦВМ в автоматическом режиме принимает решение о легитимности той или иной системной активности на АРМ.

Для анализа легитимности информационного взаимодействия предполагается использовать многокритериальную систему нечеткой

логики, учитывающую большое количество разнообразных факторов. При этом различные факторы могут иметь различный весовой коэффициент, что может оказывать влияние на окончательную оценку той или иной активности.

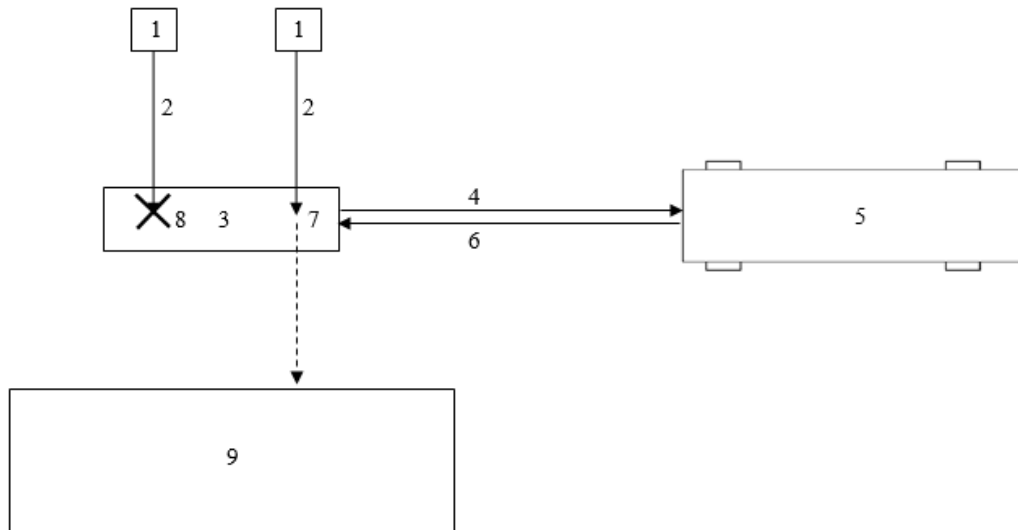


Рис. 2. Схема работы клиентского агента: 1 – программный модуль, 2 – обращение к ядру ОС, 3 – клиентский модуль аппаратно-программного комплекса, 4 – информация о системной активности, 5 – ЦВМ, 6 – управляющие команды, 7 – разрешенное обращение к ядру ОС, 8 – запрещенное обращение к ядру ОС, 9 – ядро ОС

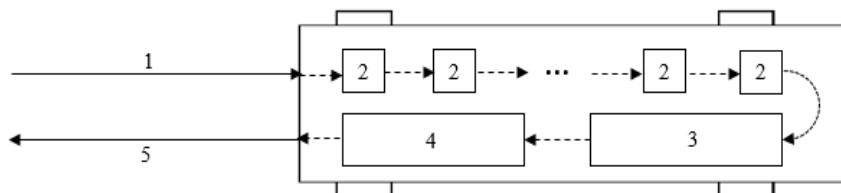


Рис. 3. Схема работы центрального вычислительного модуля: 1 – информация о системной активности, 2 – критерии оценки, 3 – вычисление критериальной суммы, 4 – принятие окончательного решения, 5 – управляющие команды

Алгоритм работы центрального вычислительного модуля включает следующие этапы:

- получение информации об активности от клиентского агента;
- получение информации по критериям оценки (история активности компонента, проверка ЭП и т.д.);
- вычисление «критериальной суммы» и принятие окончательного решения;
- передача решения на клиентский агент.

Преимуществом предлагаемого решения является то, что для внедрения программно-аппаратного комплекса нет необходимости изменять существующую информационную инфраструктуру КВО. Реализация подобного комплекса позволит обеспечить одинаково эффективную защиту как от внешних вредоносных информационных воздействий, так и от непреднамеренных или злоумышленных воздействий со стороны персонала КВО. Кроме того, возможна установка клиентских агентов не только на АРМ, но и на другие узлы информационной инфраструктуры КВО, что позволит создать полноценную инфраструктуру системы управления событиями информационной безопасности и реагирования на инциденты (Security Information & Event Management – SIEM).

Внедрение подобного программно-аппаратного комплекса для обеспечения безопасности информации на основе нейронных сетей позволит значительно снизить вероятность угроз безопасности ИУС КВО и, как следствие, возникновение чрезвычайно опасных ситуаций.

### **Библиографический список**

1. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» // Российская газета. – 2009. – 19 мая.
2. Пентагон: К 2016 году количество служащих в кибервойсках США увеличится в три раза // RT на русском [Электронный ресурс]. – URL: <http://russian.rt.com/article/25844> (дата обращения: 10.05.2014).
3. Рашевский Р.Б., Шабуров А.С. Актуальные угрозы безопасности информационно-управляющих систем критически важных объектов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – № 11. – С. 96–100.
4. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 221 с.

## ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА. «РУССКОЕ ЧУДО»

**Старший преподаватель кафедры ИТАС ПНИПУ А.Н. Гусин,  
ведущий инженер кафедры ИТАС ПНИПУ В.Д. Володин,  
аспиранты кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бикметов, А.А. Шаронов**  
Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Р.А. Файзрахманов*

Нас достаточно часто потчуют новостями из разряда: «В российском НИИ (или где-то еще) разработан новый процессор с вычислительной мощностью столько-то операций в секунду (или чем-то еще, в чем удобнее измерять производительность разработчикам), что сопоставимо с процессорами *Intel*». Не будем вдаваться в подробности, как эта вычислительная мощность определялась и сравнивалась с интеловскими процессорами, так как практически в половине случаев разработанная в НИИ архитектура вообще не может конкурировать со стоящими в персональных компьютерах процессорами. Она предназначена несколько для другой цели – цифровой обработки сигналов. Именно об этих процессорах и архитектурах мы будем говорить в этот раз. Будут затронуты как высокопроизводительные архитектуры российской разработки, такие как *NeuroMatrix* и *Мультиклет*, так и обычные DSP российского производства, которые служат тем же целям – цифровой обработке сигналов и конкурируют фактически на том же поле. Итак, приступим.

**«Техасцы» из Воронежа.** Одним из первых разработчиков и создателей DSP в России был Воронежский НИИЭТ. В 1991 г. в ходе развала Советского Союза в этот институт был переведен выпуск освоенного в Латвии DSP TMS320C10. Фактически с этого момента начинается DSPшная история НИИЭТ. КМ1867ВМ1 стал первым сигнальным процессором, произведенным на предприятии. Уже через несколько лет НИИЭТ рапортует о том, что освоено производство аналога TMS320C20, но на фотографиях отладочных комплектов красовались зарубежные оригиналы. Возможно, что DSP действительно был тогда разработан. Во всяком случае на данный момент 1876ВМ2 производится и предлагается потребителям. Следом был освоен аналог TMS320C30. На сегодняшний день НИИЭТ предлагает ряд достаточно

современных 16-разрядных DSP-аналогов TMS320F24 (1867ВЦ5Т), TMS320C542 (1867ВЦ4Т) [1], планируется создание 32-разрядного DSP-аналога распространенного TMS320VC5402 [2]. Все разработанные процессоры нормально поддерживаются средами разработки и отладчиками фирмы *Texas Instruments – Code Composer* или *Code Composer Studio* – для более новых разработок.

Кроме того, компания производит и периферийные устройства DSP, такие как кафидеки и кодеки, скоростные АЦП, а также ряд микроконтроллеров, практически любой из которых может стать управляющим процессором, осуществляющим загрузку программного обеспечения в DSP и обработку данных с него.

Продукция НИИЭТ используется на многих оборонных предприятиях страны, в частности, в продукции пермского завода «СТАР» – системах управления авиационными двигателями.

**ПКК «Миландр».** Тесно сотрудничающая с НИИЭТ зеленоградская компания ПКК «Миландр» также разработала ряд микросхем для цифровой обработки сигналов – на данный момент создан DSP, являющийся аналогом TMS320C546 – 1967ВЦ1Т [3] и двухъядерной микросхемы 1901ВЦ1Т [4], содержащей ядро TMS320C54x и управляющий микроконтроллер с ядром *Cortex-M3*, аналогичный микроконтроллерам серии 196BE9x. Вторая микросхема имеет ряд особенностей, отличающих ее как от прототипа TI TMS320C546, так и от микроконтроллеров 1986BE9x:

- интегрированный звуковой кодек;
- порты BSP, использовавшиеся в оригинальных TMS320C54x, заменены на McBSP, использующиеся в старших семействах, например TMS320C54xx. Данный порт, в частности, реализовал прием и обработку потока E1, используемого в цифровой телефонной связи, что значительно расширяет круг применения данной микросхемы;
- кроме того, в составе периферийных устройств присутствует полноценный интерфейс карты памяти, в то время как на 1986BE9x для подключения карты памяти использовался интерфейс SPI, имеющий более низкую скорость обмена.

Данные DSP поддерживаются средой *Texas Instruments Code Composer Studio*, но имеют уникальный интерфейс отладки, поэтому

компания *Phyton* разработала специальный отладчик для DSP *JEM-TMS* [6] и *JEM-MutiChip* для двухъядерной системы 1901ВЦ1.

В конце зимы этого года компания объявила о создании двух DSP на основе ядра *Analog Devices TigerSahrk TS201* – высокопроизводительного DSP 1967ВЦ2Т в корпусе BGA (пластиковый и металлокерамический вариант) и микроконтроллера с таким же ядром 1967ВЦ3Ф в корпусе CQFP (металлокерамический QFP) [6, 7]. В качестве области применения указываются беспроводные средства связи.

**Серия «Мультикор» – НТЦ ЭЛВИС.** Еще один игрок на поле цифровых сигнальных процессоров. Однако в отличие от предыдущих компаний, предлагающих решения на уровне младших и средних серий TI TMS320F2xxx и TMS320C54x, решения данного производителя можно сравнивать с более мощными OMAP.

«Мультикор» – целое семейство микросхем, содержащих мощный 32-разрядный процессор с ядром MIPS, способный запустить *Linux* или другую мощную систему, поддерживающую данную архитектуру, а также одно или несколько ядер DSP.

Первый представитель серии 1892ВМ3Т практически не имел интерфейсов расширения, но предоставлял возможность подключить внешнюю память и запустить операционную систему *Linux* или *QNX* [8]. Сегодняшние представители семейства *NVCom-01* и *NVCom-02* уже имеют развитую периферию [9]:

- интерфейс внешней оперативной и постоянной памяти;
- порты ввода-вывода;
- интерфейс дисплея и камеры;
- синхронный последовательный порт (теоретическую возможность обработки потока E1 производитель не отрицает, но специальные работы в этой области не проводились).

DSP имеет уникальную архитектуру, чем-то, как утверждают, похожую на DSP фирмы *Freescale*. Фирма-разработчик предоставляет собственные программно-аппаратные средства разработки – среду, аппаратный отладчик, отладочные платы. К сожалению, процессоры данной серии отличаются достаточно высокой ценой как самих кристаллов – цена начинается от 10 тыс. рублей, так и отладочных

средств и среды разработки (она тоже платная – на сайте можно скачать только демонстрационную версию). Для DSP, насколько известно, предоставляется возможность разработки только на Ассемблере, хотя, вполне возможно, уже разработан Си-компилятор.

К микросхемам семейства «Мультикор» тесно примыкают системы на кристалле семейства «Эльбрус» разработки МЦСТ [10]. Данные процессоры занимают ту же нишу, что и «Мультикор», и разрабатываются в тесном сотрудничестве. Основным отличием систем «Эльбрус» является ядро *SPARC*, в разработке которого МЦСТ участвовал еще с начала 90-х.

На данный момент МЦСТ представляет одноплатный компьютер «Монокуб», который одновременно является и отладочной платой для системы на кристалле «Эльбрус-2С» [11]. На данный момент существует возможность установки на процессорное ядро операционной системы *Linux*. Ядра DSP, по заверениям разработчиков, на сегодняшний день не задействованы вообще, что показывает еще худшую ситуацию, чем та, что с «Мультикор».

**Нейропроцессоры *NeuroMatrix*.** В отличие от предыдущих DSP разработка зеленоградского НТЦ «Модуль» действительно называлась великим достижением отечественной электроники. Первый процессор был создан и представлен общественности в 1998 г. и наделал много шума [12]. В отличие от обычных сигнальных процессоров первый *NeuroMatrix* имел другую структуру, напоминающую искусственную нейронную сеть, что, по уверениям разработчиков, должно было повысить производительность в задачах распознавания образов (для чего он был фактически создан), обработки видео, звука и т.д.

На сегодняшний день выпущено четыре модели чистых DSP *NeuroMatrix*, а также две микросхемы класса «система на кристалле», содержащих, кроме самого DSP, управляющее ядро ARM1117, способное запустить *Linux* и осуществляющее управление сигнальным процессором [13, 14].

Одно из таких решений предназначено для приставки-приемника цифрового телевидения, второе используется в приемниках «ГЛОНАСС» КБ «НАВИС». Также в прошлом году был выпущен одноплатный компьютер, который позиционируется как

самостоятельное решение класса *Raspberry Pi, mini2440* и других одноплатных компьютеров [15, 16].

**Мультиклет.** Еще один высокопроизводительный процессор цифровой обработки сигналов также заслужил звания уникальной российской технологии. Разработка данного семейства процессоров ведется в Екатеринбурге. Автор узнал об их существовании совершенно случайно в 2011 г. Тогда информации было очень мало, и поэтому она была пропущена мимо ушей. К компании и ее процессорам автор вернулся только два года спустя, когда уже стало известно и название разработчика (а не «где-то в Екатеринбурге делают», как было до этого), и название самого процессора.

На данный момент разработан ряд микросхем, обладающих не только высокопроизводительным ядром, но и хорошим набором периферийных устройств. В частности, разработчики добавили даже интерфейс *Ethernet* [17–19].

На сегодняшний день начато производство данных процессоров в Воронеже на заводе ВЗПП-С [20] (либо только корпусирование, так как сами процессоры до этого производились в Китае).

Как и две предыдущие компании, «Мультиклет» разрабатывает собственные отладочные средства для процессоров. На данный момент сведения достаточно скудны, но на сайте компании есть информация об отладочных наборах, ценах и способах заказа [21].

**Отладочные средства.** Практически любой сегодняшний микроконтроллер, а уж тем более DSP, представляет собой достаточно сложный прибор, причем сложный не только в плане внутренней структуры, но и сложный в плане освоения. Не очень удобный для пайки в домашних условиях корпус QFP (а порой и BGA, который в большинстве случаев требует многослойной печатной платы), отсутствие отладчиков, которые можно быстро изготовить в домашних условиях, – все это приводит к необходимости приобретения «фирменных» отладочных средств, к которым относятся не только внутрисхемные отладчики, но и отладочные платы.

В этом сегменте наиболее полно представлена продукция ПКК «Миландр»: производящиеся серийно 1967ВЦ1Т [22] и 1901ВЦ1Т [23] снабжены как отладочными платами, так и внутрисхемными отладчиками, подключаемыми к интерфейсу USB. Новые изделия, по мнению ав-



торов, скорее всего тоже будут снабжены отладочными платами от производителя. ПКК «Миландр» утверждает, что при проектировании DSP будет сохранена совместимость как со средой разработки *Analog Devices*, так и с аппаратными отладчиками этой фирмы.

Также достаточно неплохо представлены отладочные платы НТЦ «ЭЛВИС» – фирмой разработаны как отладочные платы для микропроцессоров, так и аппаратные отладчики. К сожалению, достаточно долгое время для семейства «Мультикор» был доступен только отладчик, подключаемый к порту LPT [24], однако примерно с 2010 г. производится USB-отладчик [25].

Также производство отладочных плат с использованием отечественных микроконтроллеров и DSP осваивает российская компания «LDM-SYSTEMS». На сегодняшний день разработан отладочный набор с DSP семейства «Мультиклет» МСр0411100101 [26]. Также постепенно разрабатываются отладочные платы для микроконтроллеров ПКК «Миландр», правда, только для изделий в пластиковых корпусах.

**Заключение.** В данной статье автор сделал попытку проанализировать рынок отечественных сигнальных процессоров. Почему-то лавры создателя уникального высокопроизводительного процессора собственной разработки не дают покоя достаточно многим компаниям. За кадром остались разработки НИИМА «Прогресс», например, DSP УНИКОН [27], создававшийся компанией, как минимум, два года, но на сегодняшний день информация о нем изъята с сайта, о перспективных разработках НИИЭТ, список которых опубликован на сайте компании, – достаточно монструозные решения, включающие два 32-разрядных DSP-ядра и достаточно внушительный набор периферийных устройств [28]. Однако наиболее распространенными и востребованными потребителем остаются в большинстве случаев не собственные разработки компаний, а аналоги зарубежных DSP, особенно компании *Texas Instruments*. Остается надеяться, что ситуация когда-нибудь изменится.

### **Библиографический список**

1. НИИЭТ. Процессоры ЦОС. – URL: <http://niiet.ru/chips/processors>
2. НИИЭТ. Текущие разработки ИМС. – URL: <http://niiet.ru/chips/nis>

3. 1967ВЦ1. – URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=12&cntnt01returnid=68>
4. 1901ВЦ1. – URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=235&cntnt01returnid=68>
5. Аппаратный эмулятор JEM-TMS. – URL: <http://www.phyton.ru/pages/page82.html#app>
6. 1967ВЦ12Т, 1967ВЦ3Ф. – URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=270&cntnt01returnid=68>
7. Разработка высокопроизводительных DSP-процессоров (1967ВЦ2Т, 1967ВЦ3Ф) // Материалы семинара с выставки «ЭкспоЭлектроника 2014». – URL: <http://forum.milandr.ru/download/file.php?id=1147>
8. Цифровой сигнальный процессор 1892ВМ3Т (МС-12). – URL: <http://multicore.ru/index.php?id=48>
9. Цифровой сигнальный процессор 1892ВМ10Я (NVCоm-02Т). – URL: <http://multicore.ru/index.php?id=1149>
10. МСЦТ Эльбрус. Микропроцессоры. – URL: <http://www.mcst.ru/mikroprocessory-i-sbis>
11. МСЦТ Эльбрус. Монокуб. – URL: <http://www.mcst.ru/monokub>
12. Русский процессор NeuroMatrix: Pentium отдыхает. – URL: [http://www.x-libri.ru/elib/smi\\_\\_273/index.htm](http://www.x-libri.ru/elib/smi__273/index.htm)
13. СБИС 1879ВЯ1Я. – URL: [http://module.ru/catalog/micro/sbis\\_1879vya1ya/](http://module.ru/catalog/micro/sbis_1879vya1ya/)
14. СБИС К1879ХБ1Я. – URL: [http://module.ru/catalog/micro/mikroshema\\_dekodera\\_cifrovogo\\_televizionnogo\\_signala\\_sbis\\_k1879hb1ya/](http://module.ru/catalog/micro/mikroshema_dekodera_cifrovogo_televizionnogo_signala_sbis_k1879hb1ya/)
15. Эффективная миниатюризация. Современная электроника №1 2013 с.33. – URL: <http://www.soel.ru/cms/f/?/446948.pdf>
16. Микрокомпьютер МВ 77.07. – URL: [http://www.module.ru/catalog/micro/micro\\_pc/](http://www.module.ru/catalog/micro/micro_pc/)
17. Multiclet P1. – URL: <http://www.multiclet.com/index.php/ru/products/mult-procces/93-multiclet-p1>
18. Multiclet P2. – URL: <http://multiclet.com/index.php/ru/products/mult-procces/240-multiclet-p2>
19. Multiclet R1. – URL: <http://multiclet.com/index.php/ru/products/mult-procces/294-multiclet-r1>
20. Воронежский завод полупроводниковых приборов: сборка, разработка и освоение серийного выпуска ИМС мультиклеточного

процессора на базе кристалла MCP0411100101 в металлокерамических 240-выводных корпусах, категории качества ВП. – URL: [http://www.vzpp-s.ru/docs/novye\\_izdelia/multiclet.pdf](http://www.vzpp-s.ru/docs/novye_izdelia/multiclet.pdf)

21. Мультиклет. Отладочные комплекты. – URL: <http://multiclet.com/index.php/ru/products/development-board>

22. Отладочный комплект для микропроцессора 1967ВЦ1Т. – URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=238&cntnt01returnid=68>

23. Отладочный комплект для двухъядерного микропроцессора 1901ВЦ1. – URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=240&cntnt01returnid=68>

24. Адаптер JTAG-EPP. – URL: <http://multicore.ru/index.php?id=54>

25. Эмулятор USB JTAG. – URL: <http://multicore.ru/index.php?id=667>

26. LDM-SYSTEMS. Отладочные комплекты MultiClet. – URL: [http://ldm-systems.ru/price\\_multiclet.htm](http://ldm-systems.ru/price_multiclet.htm)

27. УНИКОН. – URL: [http://www.interstron.ru/company\\_prod\\_2.html](http://www.interstron.ru/company_prod_2.html)

28. Интегральные микросхемы 2014: каталог/НИИЭТ. – URL: <http://niiet.ru/images/docs/IMS2014.pdf>

## **РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЭВМ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПОГРУЗОЧНО- РАЗГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ**

**Ведущий инженер каф. ИТАС ПНИПУ В.Д. Володин,  
аспиранты кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бикметов, А.А. Шаронов**  
Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Р.А. Файзрахманов*

Уже несколько лет в лаборатории встраиваемых систем и М2М-технологий кафедры ИТАС занимаются изучением состояния отечественной элементной базы, а также возможностей ее применения в разработках кафедры. За последние годы ситуация начала меняться в лучшую сторону – предприятиями освоена и производится достаточно широкая номенклатура изделий не только с военной приемкой, но и в пластиковых корпусах, т.е. предназначенная для гражданского применения. Микросхемы в пластиковых корпусах характеризуются сравнимой с зарубежными аналогами невысокой стоимостью, отличаясь, максимум, в три-четыре раза (для сравнения, микросхема в металлокерамическом корпусе с приемкой «5» могла превосходить зарубежный аналог в пластиковом корпусе в 10 раз и более).

Подобная ситуация позволила выполнить одну из разработок кафедры с использованием преимущественно отечественных элементов. Речь идет об электронной части роботизированного погрузочно-разгрузочного комплекса. Заказчик высказал пожелание об использовании в устройстве преимущественно отечественных элементов.

Погрузочно-разгрузочный комплекс должен выполнять следующие функции:

- позволять оператору с помощью выносного пульта управлять электрогидрораспределителями, которые, в свою очередь, осуществляют управление манипулятором погрузочно-разгрузочного комплекса;
- принимать сигналы от органов управления пульта – аналоговых рукояток, имеющих выход аналоговой «токовой петли» 4–20 мА и дискретных переключателей;

– осуществлять контроль температуры цилиндров электрогидрораспределителей.

На сегодняшний день существует прототип, который состоит из двух блоков:

– управляющего блока, который осуществляет работу с электрогидрораспределителями и снятие показаний по токовой петле с аналоговых рукояток;

– пульта, который содержит аналоговые и дискретные органы управления гидрораспределителем.

Связь между пультом и управляющим блоком осуществляется посредством аналоговой «токовой петли». Одним из предложений группы разработчиков было создание распределенной микропроцессорной системы, состоящей как из интеллектуального управляющего блока, так и из интеллектуального пульта управления.

Структурная схема такой системы показана на рисунке.

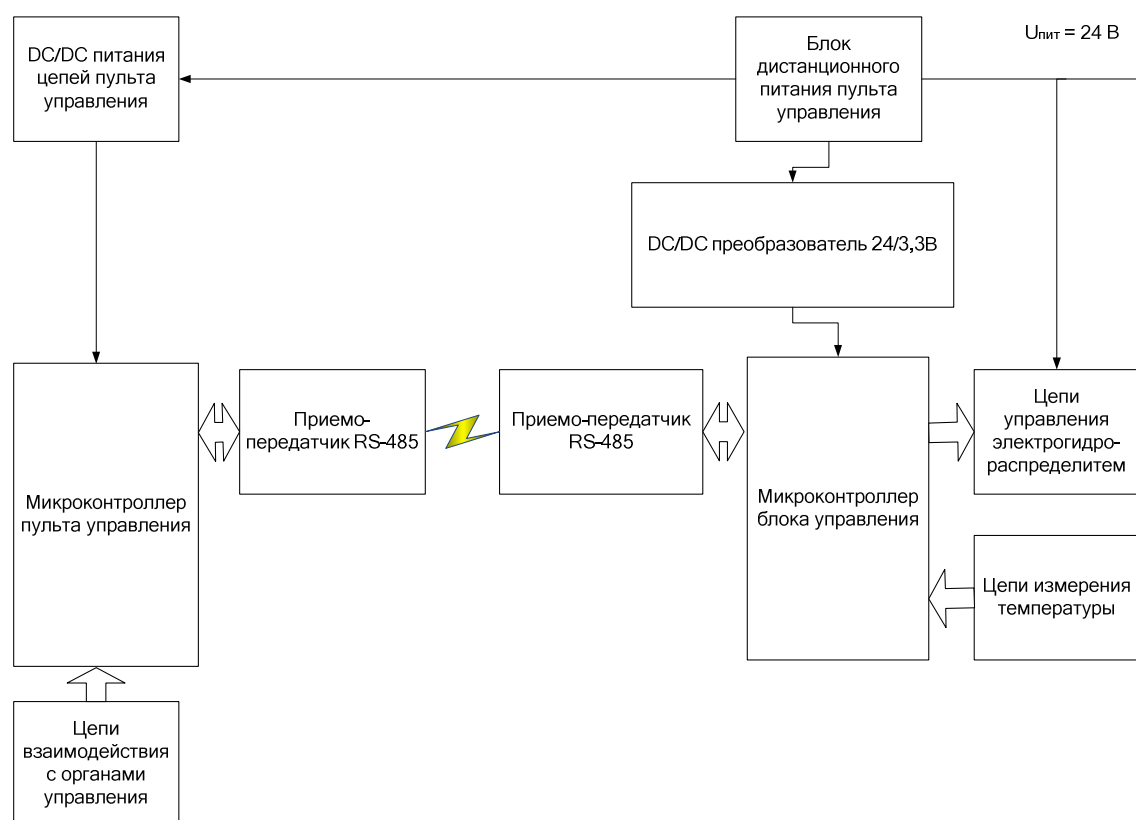


Рис. Структурная схема распределенной микропроцессорной системы, реализующей управление погрузочно-разгрузочным роботизированным комплексом

Введение распределенной микропроцессорной системы позволило сократить количество линий связи с десяти до четырех. Обработка данных с органов управления как с аналоговых рукояток, так и с дискретных переключателей осуществляется локальным микроконтроллером пульта, после чего по каналу RS-485 передается микроконтроллеру блока управления. Блок управления в свою очередь преобразует полученные от пульта команды в сигналы для управления электрогидрораспределителем.

Дистанционное питание предполагается осуществлять посредством источника тока, установленного в блоке управления электрогидрораспределителем, так как ток менее подвержен негативному влиянию длинных линий связи, чем напряжение.

Как видно из структурной схемы, управляющие микроконтроллеры должны содержать следующие интерфейсы:

- АЦП (для работы с аналоговыми выходами рукояток и, возможно, датчиков температуры);
- UART (для реализации канала связи RS-485);
- ЦАП (для реализации аналогового управления цепями электрогидрораспределителя).

Кроме того, к микроконтроллерам предъявлялись и дополнительные пожелания:

- корпус QFP;
- поддержка микроконтроллера средой *Keil uVision* или *IAR*;
- наличие в лаборатории отладочного набора для данного микроконтроллера.

Также желательно было использовать уже знакомый микроконтроллер, для которого уже есть определенные наработки. Были рассмотрены следующие микроконтроллеры:

- 1986VE92QI (ПКК «Миландр»);
- 1986VE21QI (ПКК «Миландр»);
- 1886VE3QI (ПКК «Миландр»);
- IN87C51 (Интеграл);
- 1887VE3T (НИИЭТ).

Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 1.

## Сравнительный анализ микроконтроллеров

Параметр	Микроконтроллер				
	1986BE92QI	1986BE21QI	1886BE3QI	IN87C51	1887BE3T
Микропро- цессорное ядро	Cortex-M3	Cortex-M0	PIC17	MCS-51	C166
Корпус	QFP64	QFP64	QFP64	DIP-40	4247.144-1
АЦП	+	+	-	-	+
UART	2	2	1	1	2
ЦАП	+	+	-	-	
Среда разработки	CodeMaster, Keil uVision, IAR	CodeMaster, Keil uVision, IAR	IDE1886	Keil uVision, IAR, CodeMaster	Keil uVision, CodeMaster
Наличие в распоряжении лаборатории отладочного набора	+	-	-	-	-

Как видно из приведенной таблицы, наиболее подходящими для быстрого выполнения поставленной задачи можно считать микроконтроллеры 1986BE92QI (старое название MDR32F9Q2I) ПМК «Миландр». Более того, у коллектива разработчиков есть достаточный опыт программирования для данного микроконтроллера, что позволит в разумные сроки создать уже готовый прототип изделия.

Также авторами была рассмотрена возможность использования отечественного DC/DC преобразователя. Практически все российские и белорусские микросхемы подобного класса являются функциональными аналогами микросхем LM2576 и LM2596 фирмы *Texas Instruments*. Такие микросхемы производятся такими предприятиями, как:

- «Микрон»;
- «Интеграл»;
- НТЦ СИТ.

Фактически микросхема должна отвечать следующим требованиям:

- возможность работы от напряжения до 30 В;
- выходное напряжение 3,3 В;
- выходной ток до 0,5 А;
- иметь корпус для поверхностного монтажа;
- возможность приобретения в розницу.

Как и в случае с микроконтроллером, результаты были сведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ DC/DC преобразователей

Параметр	МК2596S-3.3	МК2596Т-3.3	IL2576-3.3	1156ЕК3,3АП	К1290ЕК3.3АП
Производитель	Микрон	Микрон	Интеграл	НТЦ СИТ	НТЦ СИТ
Аналог	LM2596S-3.3	LM2596Т-3.3	LM2576Т-3.3	LM2596Т-3.3	LM2576Т-3.3
Входное напряжение, В	40	40	40	40	40
Выходное напряжение, В	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Выходной ток, А	3	3	3	3	3
Корпус	ТО-263	ТО-220	ТО-220	ТО-220	ТО-220
Поставщик	ПКК Миландр	ПКК Миландр	Интеграл-СПб	Элеконт	Элеконт
Возможность поставки мелкими партиями	+	+	-	+	+

Как видно из вышеприведенного анализа, наиболее подходящим вариантом DC/DC преобразователя является МК256-3.3S завода «Микрон»: возможность использования схемотехнических наработок, сделанных для LM2596, а также доступность микросхемы делают ее выбор очевидным.

К сожалению, на этом такая простота выбора компонентов и замена ими блоков структурной схемы практически исчерпывается (исключение составляет приемопередатчик RS-485, который может быть исполнен на микросхеме 5559ИН10АSI ПКК «Миландр»). Все остальные узлы не могут быть заменены специализированными микросхемами, следовательно, требуют более тщательной схемотехнической проработки, которая будет выполняться коллективом разработчиков в дальнейшем. Также остается открытым вопрос о датчиках температуры. Возможно использовать как специализированные микросхемы линейных датчиков, так и специализированные датчики с выходом «токовой петли» 4–20 мА, если они должны быть отнесены на значительное расстояние от блока управления электрогидро-распределителем. Однако, по мнению авторов, в данной разработке возможно практически полное использование отечественных элементов без снижения потребительских качеств системы.



## **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЭКСТРЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

**Студент гр. АСУ-106 ПНИПУ С.С. Ковалев**  
Научный руководитель – руководитель  
отдела диспетчеризации ГК «ИВС» *С.П. Артемов*

Безопасность населения всегда являлась приоритетной задачей для государства и гарантируется Конституцией РФ. В настоящее время, помимо катастроф природного характера, с ростом производства и экономической нестабильности возрастает угроза возникновения техногенных катастроф и проявления террористических актов. Основанием для разработки проекта комплексной системы экстренного оповещения населения (далее – КСЭОН) является Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ с учетом требований ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

На данный момент на территории Российской Федерации существуют региональные, местные и локальные системы оповещения населения, которые функционируют в автоматическом, автоматизированном и ручном режимах. В ходе изучения были выделены три основных системы: ОКСИОН (областная комплексная система информирования и оповещения населения), СЗИОНТ (система звукового информирования и оповещения населения на транспортных узлах) и РАСЦО (региональная автоматизированная система централизованного оповещения). Каждая из них имеет свои средства и методы оповещения, органы управления и технологию реализации.

Учитывая недостатки существующих систем оповещения, проектируемая КСЭОН должна включать следующие компоненты:

- сопряжение дежурно-диспетчерских служб промышленных предприятий (далее – ДДС) с центральной (областной) единой дежурно-диспетчерской службой (далее – ЕДДС);
- систему мониторинга и прогнозирования ЧС на потенциально опасных объектах (далее – ПОО);
- локальную систему оповещения населения сельской местности;
- сопряжение КСЭОН с существующими системами РАСЦО, ОКСИОН, СЗИОНТ и обеспечение их работы в автоматическом/автоматизированном режиме;

– оповещение населения посредством Интернета.

Для сопряжения элементов КСЭОН необходимо разработать программную шину КСЭОН, соответствующую требованиям ГОСТ Р 22.1.12-2005. Программная шина должна обеспечивать обмен сформированными командами и сообщениями, через которые происходит «общение» между компонентами КСЭОН.

Согласно ГОСТ Р 22.1.12-2005 о системах мониторинга инженерных систем команды должны быть представлены в виде электронного документа, сформированного посредством расширяемого языка разметки *Extensible Markup Language (XML)*. Обмен командами должен осуществляться по сетям IP/VPN. Для удаленных объектов используются беспроводные каналы связи на базе GPRS/GSM/3G. На рис. 1 изображена функциональная схема сопряжения компонентов.

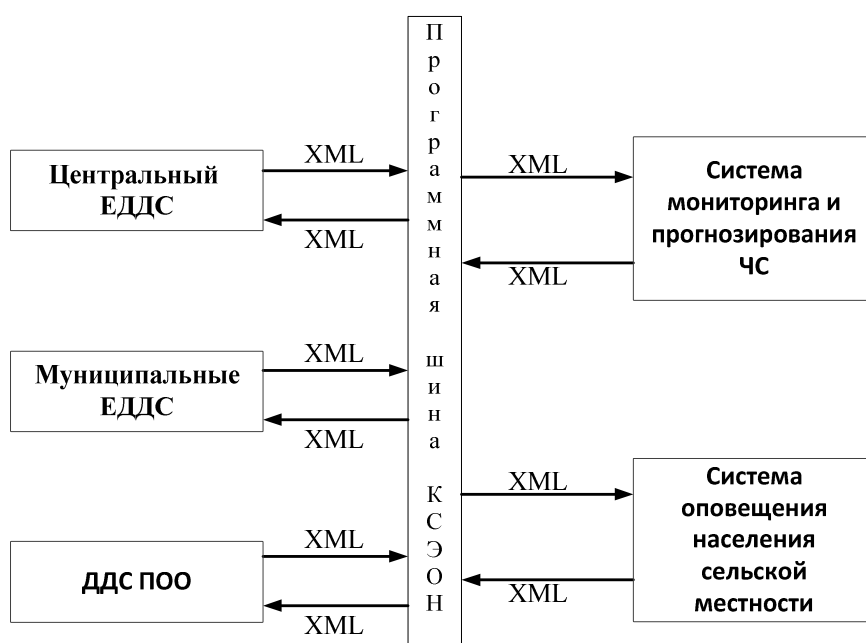


Рис. 1. Функциональная схема сопряжения компонентов

XML-команды представляют собой набор атрибутов, при декодировании которых конечная система выполняет определенный ряд действий. Шина КСЭОН, выполненная в соответствии с нормами, позволяет реализовывать сопряжение ЕДДС и ДДС ПОО, а также системы мониторинга инженерных конструкций на промышленных предприятиях и других элементов.

Требования к оборудованию серверов и программному обеспечению ЕДДС и ДДС ПОО устанавливаются ГОСТ Р 22.1.12-2005. Данное оборудование также должно содержать обработчик XML-ко-

манд и поддержку протокола шины КСЭОН. Обеспечение реализации требований осуществляется внешним предприятием.

Передача данных на сервер допускается по протоколам *LONTalk*, *Modbus*, *BACnet* и др. Для обеспечения сопряжения серверов ЕДДС и ДДС ПОО необходим модуль сопряжения, обеспечивающий формирование, хранение, прием, передачу XML-команд/сообщений на системы КСЭОН. «Сердцем» модуля является программируемый PLC-контроллер с достаточным объемом оперативной памяти и необходимыми интерфейсами для сопряжения в общую сеть. Данный модуль необходимо подключить к сети сервера ЕДДС и ДДС ПОО. Обмен командами на расстоянии осуществляется по беспроводным каналам связи GPRS/GSM/3G по программной шине КСЭОН.

Главным отличием КСЭОН от РАСЦО является включение в систему систем мониторинга и прогнозирования ЧС на ПОО. В настоящее время они функционируют не сопряженно с системой оповещения, и, чтобы сообщить на ЕДДС оповещения, оператору приходится использовать телефонную линию. Данный способ не является эффективным.

Включение систем мониторинга и прогнозирования ЧС повышает эффективность и оперативность систем оповещения, система является автоматизированной, что позволяет снизить влияние «человеческого фактора» на принимаемые решения. Система мониторинга должна осуществлять контроль метеоусловий, качества воды, радиационного фона, качества воздуха.

Все показатели, полученные с приборов, датчиков, записываются в поля атрибутов и сформированным XML-сообщением отправляются на ЕДДС и ДДС ПОО, при отклонении от нормы на ЕДДС и ДДС ПОО отправляется XML-команда, содержащая идентификатор объекта отправителя, идентификатор объекта получателя, ip-адрес отправителя, ip-адрес получателя, идентификатор ЧС, состояние ЧС (угроза, возникновение), текст описания, дату и время.

XML-команда по программной шине КСЭОН отправляется на ЕДДС и ДДС ПОО, сервер на ЕДДС локализует зону ЧС, и оповещение осуществляется только в зоне угрозы ЧС с помощью новейших технологий, в том числе посредством Интернета. КСЭОН является автоматизированной системой, и окончательное решение остается за оператором центральной ЕДДС.

Система функционирует по алгоритму  $a + b + c$ , где  $a$  – команда с системы мониторинга (автоматическая),  $b$  – команда с ЕДДС (автоматическая) и  $c$  – команда оператора (ручная).

Модель взаимодействия представлена на рис. 2.

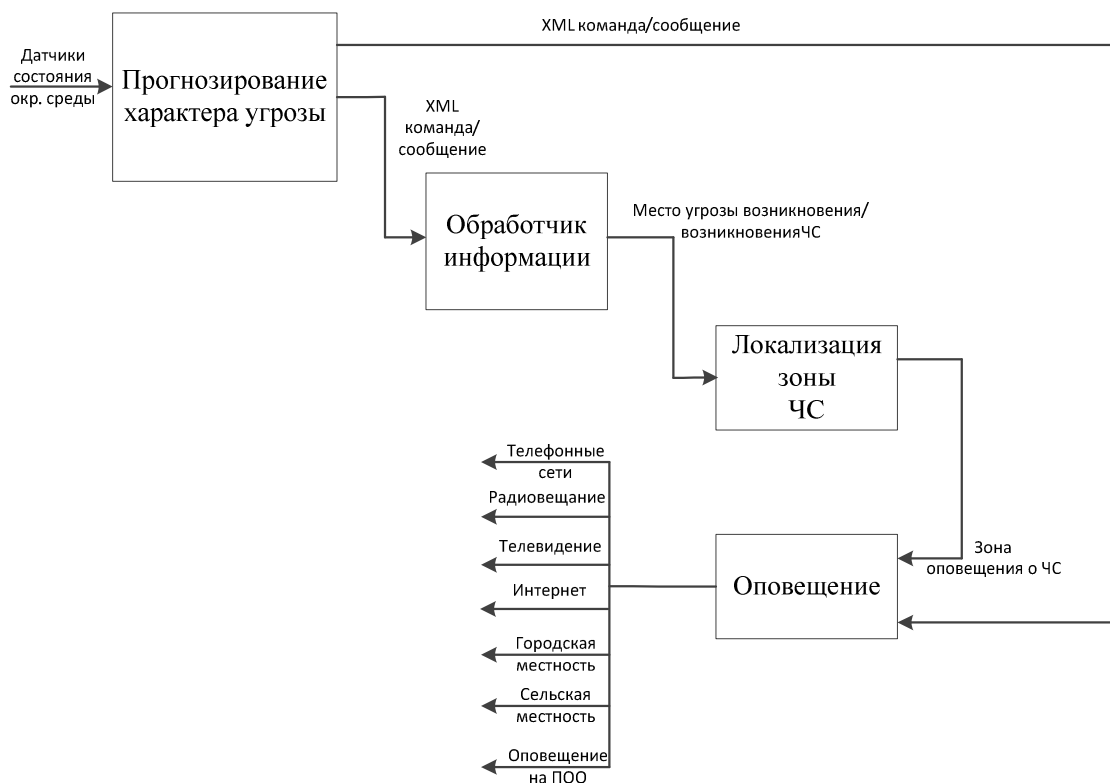


Рис. 2. Модель взаимодействия элементов КСЭОН

Система КСЭОН включает в себя концепцию решения по оповещению населения с помощью перехвата интернет-трафика. Для этого в случае возникновения или угрозы возникновения ЧС центральный ЕДДС отправляет команду на серверы интернет-провайдеров региона/местности, находящейся в зоне риска ЧС. Локализация происходит на уровне ПО. Серверы провайдеров, входящих в систему КСЭОН, оснащаются модулями сопряжения и обеспечивают получение XML-команды о ЧС с шины КСЭОН.

Серверное оборудование интернет-провайдеров должно обеспечить перехват запросов с помощью DNS-сервисов своих пользователей и направление их на официальный сайт МЧС, где представлены информация о ЧС и порядок действий населения. Для работы в Интернете в нормальном режиме пользователь должен подтвердить, что он уведомлен о ЧС. Данная информация сохраняется в базе данных для получения статистики об уведомлении граждан о ЧС.

# **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Студентка гр. ПОВТ-106 ПНИПУ М.А. Плотникова**  
Научный руководитель – руководитель отдела  
диспетчеризации ГК «ИВС» *С.П. Артемов*

Информационные технологии сегодня – это неотъемлемая часть жизни. Их развитие связано со стремительным развитием науки, со стремлением человека к совершенствованию. Это приводит к тому, что повышаются потребности в вычислительных ресурсах, требования надежности и бесперебойности, затраты на владение, обслуживание, модернизацию информационных систем.

Центр обработки данных (ЦОД) – здание или его часть, первичной функцией которого является размещение оборудования обработки и хранения информации, а также вспомогательных, инженерных средств, систем, обеспечивающих его работу (данное определение взято из американского стандарта EIA/TIA-942). В ЦОД обычно находятся серверы, сетевое оборудование, инженерные системы, которые отвечают за работоспособность данного центра, и различные системы безопасности. Разворачивание ЦОД позволяет предприятию снизить затраты, обеспечивает безотказную работу инфраструктуры предприятия. Таким образом, почти на каждом предприятии есть свой центр обработки и хранения данных.

Для мониторинга и управления инженерными системами ЦОД в настоящее время существует необходимость внедрения системы диспетчеризации (система мониторинга и управления). Данная система позволяет в режиме реального времени выводить необходимую информацию на АРМ диспетчера, а также позволяет ему удаленно управлять определенными инженерными процессами.

Автоматизированная система управления и диспетчеризации (АСУД) представляет собой целостную платформу для управления всеми инженерными подсистемами. АСУД обеспечивает контроль управления технологическим оборудованием ЦОД с выводом данных на экраны автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов.

АСУД реализуется в виде распределенной системы с разнесением выполняемых задач по компонентам системы и имеет иерархическую

структуру. В составе АСУД выделяются три информационных уровня, обеспечивающие функции оперативного контроля и управления.

### **1. Первый уровень АСУД**

Основные компоненты: датчики, приборы КИПиА, исполнительные механизмы.

- 1) подсистема первого уровня обеспечивает:
- 2) преобразование измеряемых параметров в электрические сигналы, поддерживаемые модулями УСО;
- 3) индикацию значений параметров (для приборов КИП);
- 4) преобразование управляющих сигналов в механические и другие виды воздействий на течение технологического процесса.

### **2. Второй уровень АСУД**

Основные компоненты: модули УСО, программируемые логические контроллеры (ПЛК), программное обеспечение контроллеров, оборудование и проводки сети передачи данных.

Подсистема второго уровня обеспечивает:

- сбор и обработку сигналов от датчиков и приборов КИП;
- выявление отклонений технологических параметров процесса от регламентных значений;
- выдачу сигналов для аварийной сигнализации при нарушении регламентных уставок;
- расчет и выдачу в виде электрических сигналов управляющих воздействий исполнительных механизмов и технологических агрегатов с целью реализации программно-логического управления технологическим процессом и регулирования значений параметров;
- передачу данных между УСО и ПЛК, ПЛК и верхним уровнем АСУД по технологическим информационным сетям;
- автоматическую самодиагностику и диагностирование подсистем нижнего уровня.

### **3. Третий уровень АСУД**

Основные компоненты: рабочая станция диспетчера, системное и прикладное программное обеспечение, сетевое оборудование для работы в ЛВС.

Подсистема верхнего уровня АСУД решает следующие задачи:

- представление информации о ходе технологического процесса контролируемого объекта на цветных экранах мониторов в реальном масштабе времени в графическом и табличном виде, с использованием мнемосхем и анимации;

- сигнализация и отображение нарушений технологического режима;
- дистанционное управление технологическим процессом в пределах разрешенного объема функций;
- контроль и регистрация действий оператора;
- диагностирования подсистем второго и третьего уровней;
- конфигурирование и настройка контроллеров, сети передачи данных, каналов измерения;
- автоматизированная подготовка установленных отчетных документов;
- формирование отчетов произвольной формы и содержания по запросу оператора;
- подготовка сведений о потреблении ресурсов зданием за определенный период.

Требованиями определено, что все инженерные системы, подключаемые к системе мониторинга, оснащаются интерфейсом связи на базе протокола *LonWorks*. Несомненным преимуществом *LonWorks* является независимость от протокола физического уровня, свобода в выборе сетевых топологий, алгоритм разрешения коллизий. Это открытая система. Любой производитель, системный интегратор или конечный пользователь могут получить к ней авторизованный доступ.

Интеграция всех подсистем выполняется путем подключения всех ее компонентов через интерфейсы *LonWorks* к серверу мониторинга на базе SCADA-приложения. SCADA взаимодействует с техническими устройствами при помощи OPC-сервера. Стандарт OPC может быть использован не только для взаимодействия SCADA с устройствами, но и для обмена данными с базой данных.

Существуют различные версии SCADA-систем:

- *CitectScada* компании *Schneider Electric*;
- *MasterScada* компании *ИнСам*;
- *Scada-система InTouch* компании *Wonderware*.

Проанализировав возможные варианты, принято решение, что оптимальным вариантом в соотношении «цена–качество» является *CitectScada* компании *Schneider Electric*. Компания *Schneider Electric* входит в состав международной ассоциации *LONMARK International*, которая является движущей силой в установлении правил совмес-

тимости между объектами автоматизации, гарантом соответствия. Это дает большое преимущество *CitectScada* компании *Schneider Electric* перед другими системами. *LONMARK International* является некоммерческой экономической ассоциацией, насчитывающей в мире около 600 членов. Среди главных задач ассоциации – развитие, поддержка и продвижение стандартов открытых совместимых продуктов и систем на базе технологии *LonWorks*.

Для реализации системы мониторинга ЦОД применяется система со следующей структурой (рисунок).

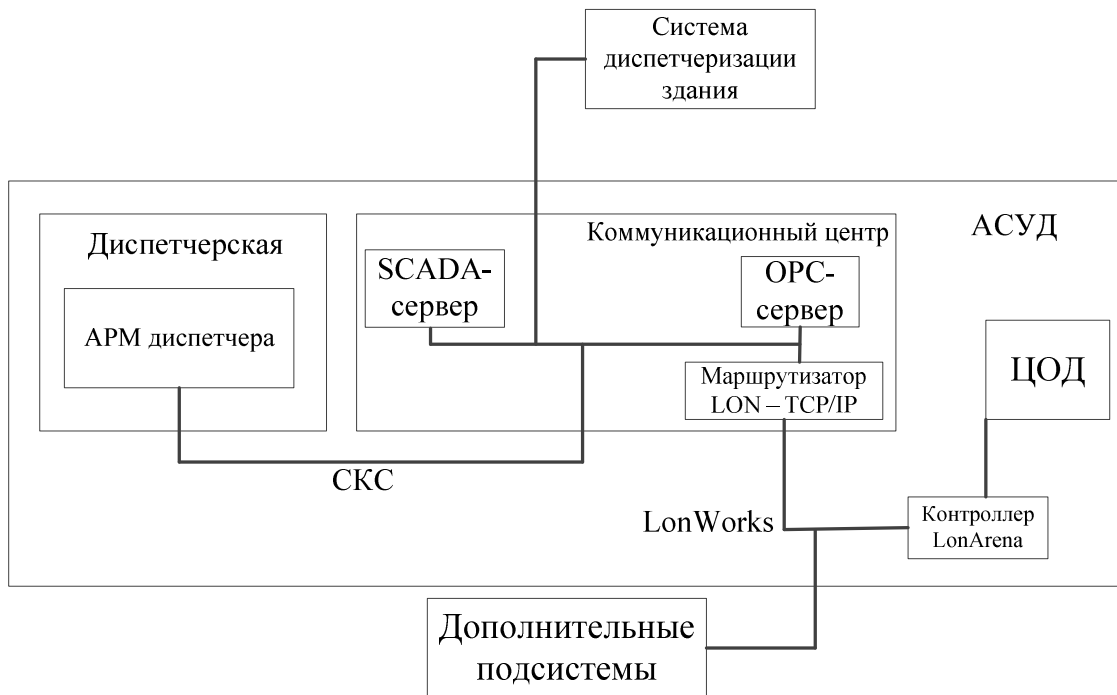


Рис. Структура АСУД

Общее количество контролируемых параметров – 23.

OPC-сервер – *Easylon*;

Протокол – *LonWorks*;

*Scada* – *Citect*.

Все инженерные системы, подключаемые к системе мониторинга, оснащаются интерфейсом связи на базе протокола *LonWorks* со скоростью реакции 1 мс на изменение параметров. В случае изменения параметров измененные значения отображаются в SCADA-приложении на экране оператора и сохраняются в базе данных.

Контролируются следующие параметры:

- 1) температура;
- 2) влажность;



- 3) граничные значения температуры и влажности;
- 4) скорость вращения вентилятора;
- 5) время работы вентилятора;
- 6) режим работы вентилятора;
- 7) состояние вентилятора;
- 8) время работы кондиционера;
- 9) режим работы кондиционера;
- 10) состояние кондиционера;
- 11) возникновение протечки;
- 12) пороги срабатывания датчиков протечки;
- 13) данные о регистрации электронных карт;
- 14) контроль доступа;
- 15) возникновение пожара;
- 16) состояние качества воздуха;
- 17) концентрация СО; параметры ИБП;
- 18) напряжение
- 19) ток;
- 20) нагрузка;
- 21) состояние заряда;
- 22) состояние ИБП;
- 23) показания датчика реле контроля фаз;
- 24) состояние АВР.

Система может мониториться локально и удаленно и имеет возможность интеграции с системой диспетчеризации здания в целом.

## ИНФОГРАФИКА В ОБУЧЕНИИ

Студентка гр. ЭВТ-12-16 ЛФ ПНИПУ Т.И. Борисова

Научный руководитель – доцент *В.Г. Лопатин*

В современном мире мы все чаще сталкиваемся с необходимостью обработки и запоминания огромных объемов информации.

**Инфографика** – это графический способ подачи информации, данных и знаний. Можно выделить ряд преимуществ подачи информации при помощи инфографики [1, 2]:

- организация больших объемов информации, которая позволяет студенту изучить материал за меньшие сроки;
- наглядное соотношение предметов и фактов в пространстве, что дает возможность понять суть материала и визуализировать цифры, процессы, место и время;
- приятный внешний вид, который располагает к изучению новой информации.

Инфографика имеет множество различных видов, но традиционно её принято делить на две категории:

- статическая инфографика;
- динамическая инфографика.

Для создания динамической инфографики требуются: поэтапная разработка идеи, оборудование, которое имеет достаточную мощность для обработки цифровых объектов, программное обеспечение, которое дает возможность создавать и редактировать инфографику.

Поэтапная разработка идеи динамической инфографики включает в себя множество шагов: выбор темы повествования, о которой следует рассказать зрителю; проработка текста, который непосредственно будет участвовать в динамической инфографике; материалы, которые будут использованы для визуального сопровождения; выбор цветовой схемы, которая будет приятно выглядеть и располагать зрителя к прослушиванию.

Для создания динамической инфографики необходимы достаточно мощное оборудование, которое способно обрабатывать большой объем информации и работать с графикой, а также аппаратура для ввода и вывода звука. Существует огромное количество программ для обработки видео. В нашей работе был использован пакет программ от компании *Adobe*, а также программы других разработчиков:

- *Premier* – это мощный настраиваемый редактор для нелинейного монтажа, с помощью которого можно монтировать видео (аналог *Sony Vegas*) (рис. 1);



Рис. 1. Окно программы *Sony Vegas* с создаваемым проектом «История персонального компьютера»

- *After Effects* – программа для создания привлекательных визуальных эффектов и анимированной графики с помощью отраслевого стандарта в области анимации и композиции, который обеспечивает полное управление творческой работой и непревзойденный уровень производительности (рис. 2);



Рис. 2. Окно программы *After Effects* с создаваемым проектом «История персонального компьютера»

- *Photoshop* – отраслевой стандарт для обработки и редактирования цифровых изображений, обладает полным спектром профессиональных инструментов и набором мощных функций редактирования фотоматериалов (рис. 3);

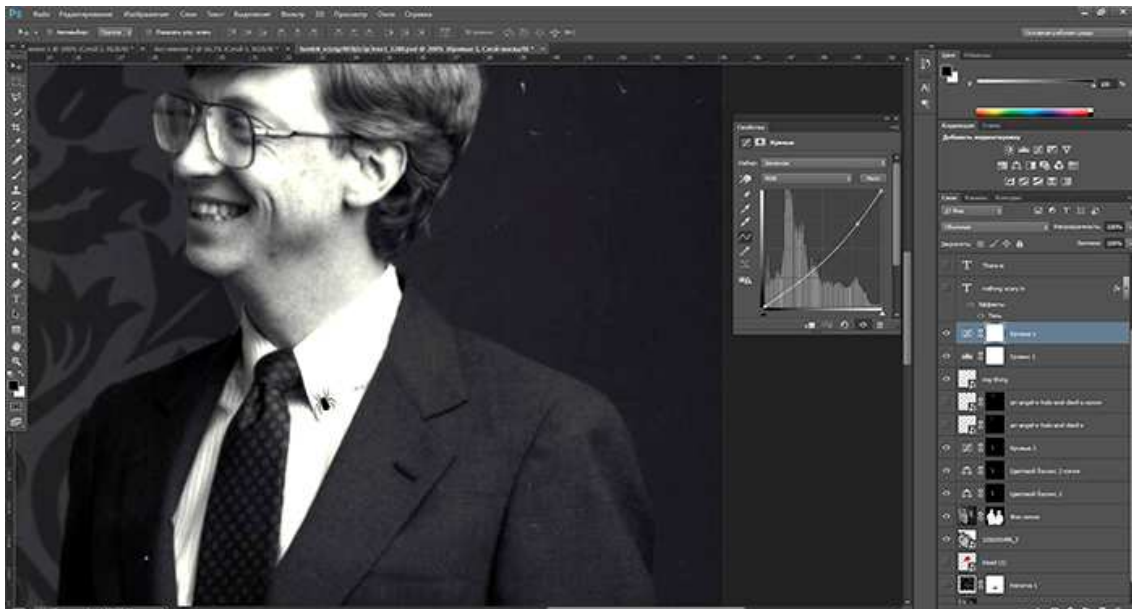


Рис. 3. Окно программы *Photoshop* с детальной обработкой изображений для проекта «История персонального компьютера»

- *Kuler* – веб-приложение, которое позволяет создавать интересные цветовые темы и просматривать сотни цветовых тем, созданных другими пользователями (рис. 4);

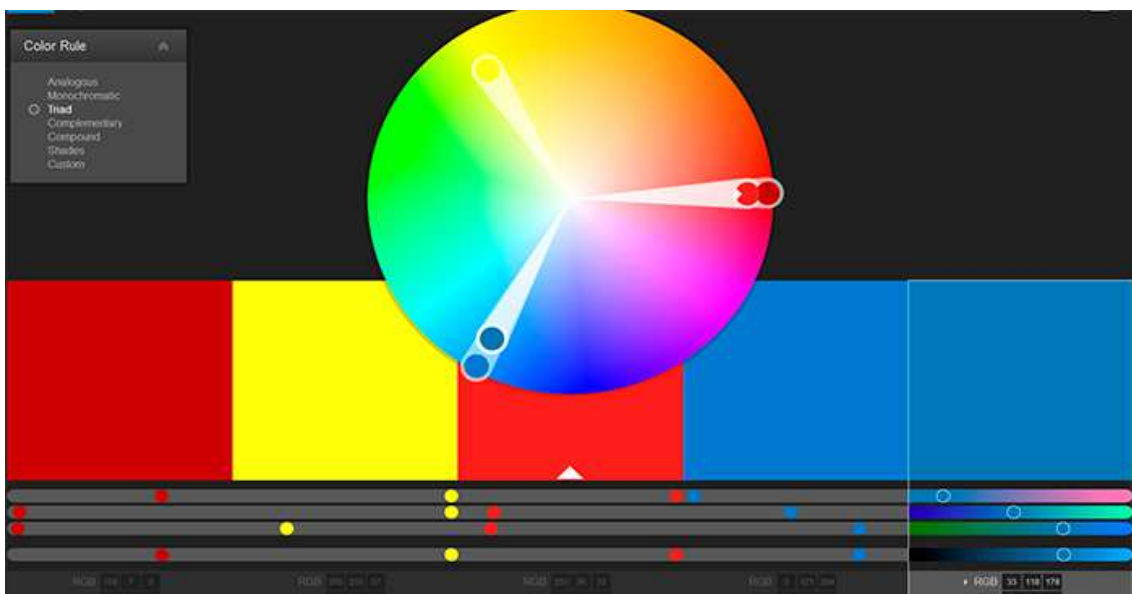


Рис. 4. Веб-приложение *Kuler* с цветовой схемой

- *Audition CS* – программа, позволяющая записывать, редактировать и создавать звуковые файлы. Этот мощный звуковой редактор позволяет ускорить технологический процесс с аудио, обеспечивая при этом высочайшее качество звука (рис. 5);

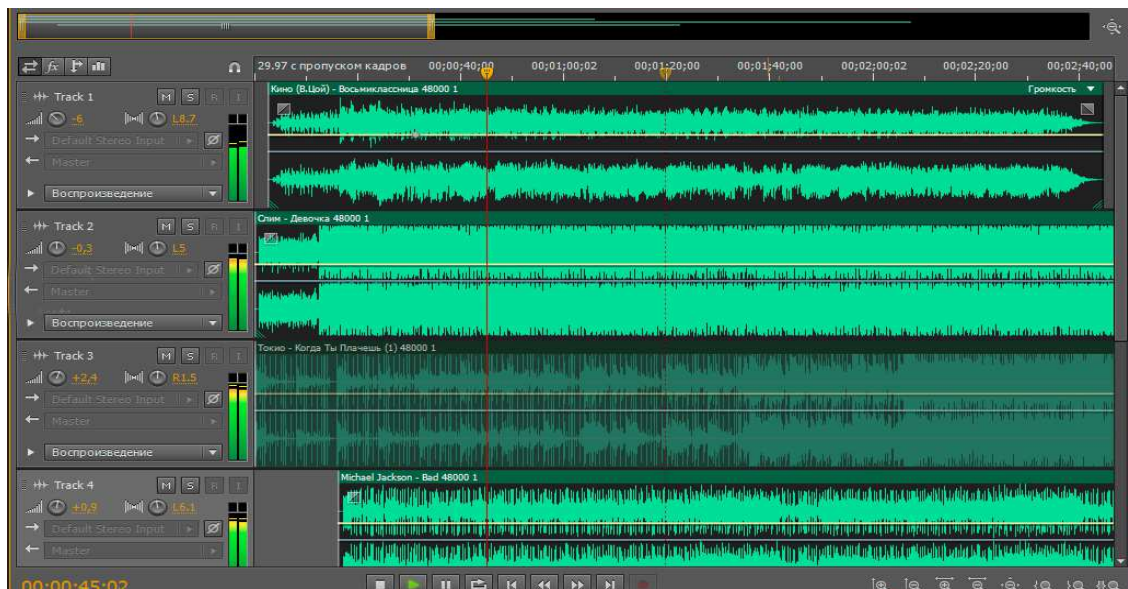


Рис. 5. Программа *Audition CS* для проекта «История персонального компьютера»

- *Vaka Encoder* – программа, созданная моушен-дизайнером, специально для моушен-дизайнеров, которая лёгким движением мышки кодирует экспортированные из редактора клипы в компактный mp4 (рис. 6).

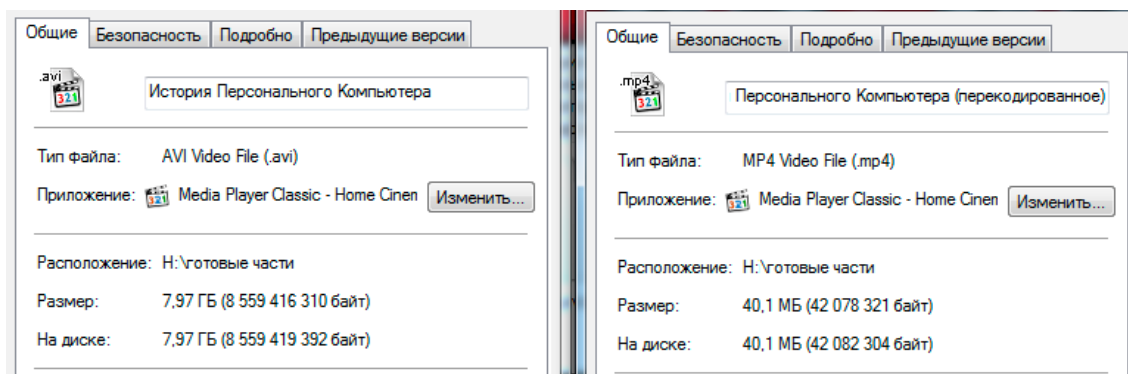


Рис. 6. Свойства файлов до и после сжатия при помощи программы *Vaka Encoder*

**Форматы видео.** По своей сути видео-файл – это набор статичных изображений, меняющих друг друга с определенной частотой. Каждое статичное изображение является отдельным кадром видео. Существует большое количество форматов сжатого видео.

Наибольшее распространение получили форматы *MPEG-4*, *DivX*, *Windows Media Video*.

**Скрипты.** Когда мы работаем в *After Effects*, то в процессе работы создаем проекты, композиции, слои, маски, добавляем эффекты, и т.д. Скрипт будет следовать всем инструкциям, которые манипулируют этими объектами: создание, отмена, копирование, анимация, рендеринг и т.д.

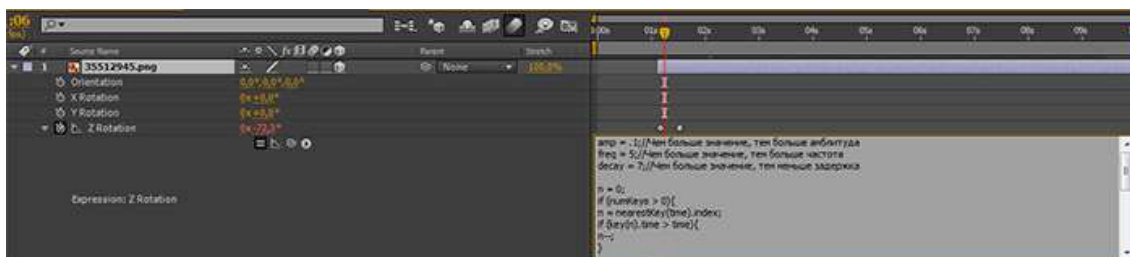


Рис. 7. Пример применения скрипта «затухающие колебания»

**Шейпы.** *After Effects* предлагает хороший выбор векторных эффектов, которые содержатся внутри *Shape Layer*. Инструмент «Форма» предоставляет огромный выбор фигур: круги, квадраты, звезды и т.д. Также вы можете вставить форму из программ *Illustrator* или *Photoshop* в АЕ.

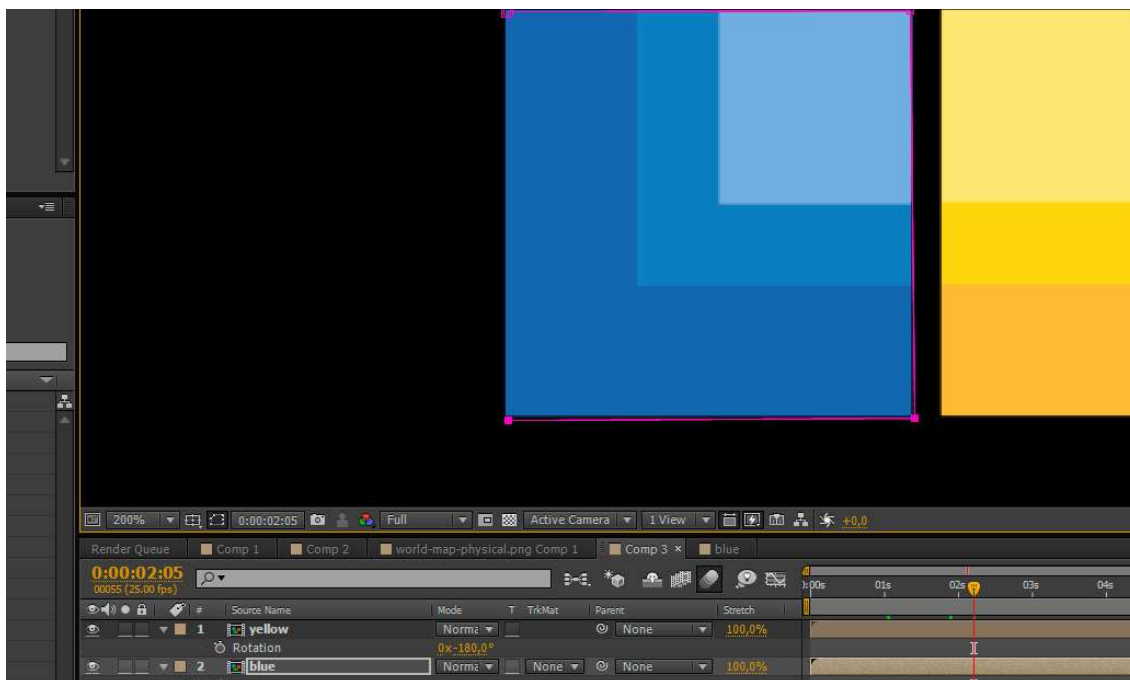


Рис. 8. Создание формы для векторного логотипа *Windows*, используемого в проекте «История персонального компьютера»

Инфографика – эффективное и красивое представление информации, которое должно в скором времени перестать быть инструментом в руках работников рекламы и стать красочным и информативным способом для изучения материала.

### **Библиографический список**

1. Смиклас М. Инфографика. Коммуникация и влияние при помощи изображений. – СПб.: Питер, 2011. – 152 с.

2. Тоузенд М., Тоузенд С. Инфографика. Мир, каким вы никогда не видели его прежде. – СПб.: Питер, 2013. – 208 с.



# ЭЛЕКТРОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПУЛЬСА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA8

Студент гр. ЭВТ-126 ПНИПУ А.Н. Поляков

Научный руководитель – ассистент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бакунов

В современном мире остро стоит вопрос мониторинга состояния здоровья каждого человека. В частности, одной из проблем являются сердечно-сосудистые заболевания. Для определенной категории населения, например пожилых людей, необходимо иметь возможность в любой момент проверить свой пульс. Именно на решение этой проблемы направлен этот проект.

**Принцип действия.** Пульс определяется количеством ударов сердца в единицу времени и измеряется в ударах в минуту. Для среднестатистического здорового взрослого человека нормальный пульс составляет 60–100 ударов в минуту при отсутствии дополнительных нагрузок на организм. Пульс является важнейшим показателем здоровья человека.

Для измерения пульса используется оптопара, состоящая из инфракрасного светодиода, который передает инфракрасный сигнал на палец человека, и фотодиода, который принимает отраженный от клеток крови сигнал. Светодиод и фотодиод расположены близко друг к другу, как показано на рис. 1 [1].

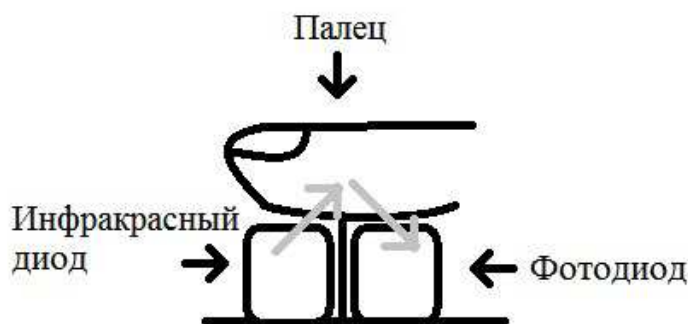


Рис. 1. Принцип работы оптопары

## Схема устройства

Основные элементы устройства:

– микроконтроллер *Atmega8A-PU*;



- пара ИК-диод/фотодиод;
- операционный усилитель МСР602 [2];
- трехразрядный семисегментный индикатор.

Схема устройства приведена на рис. 2.

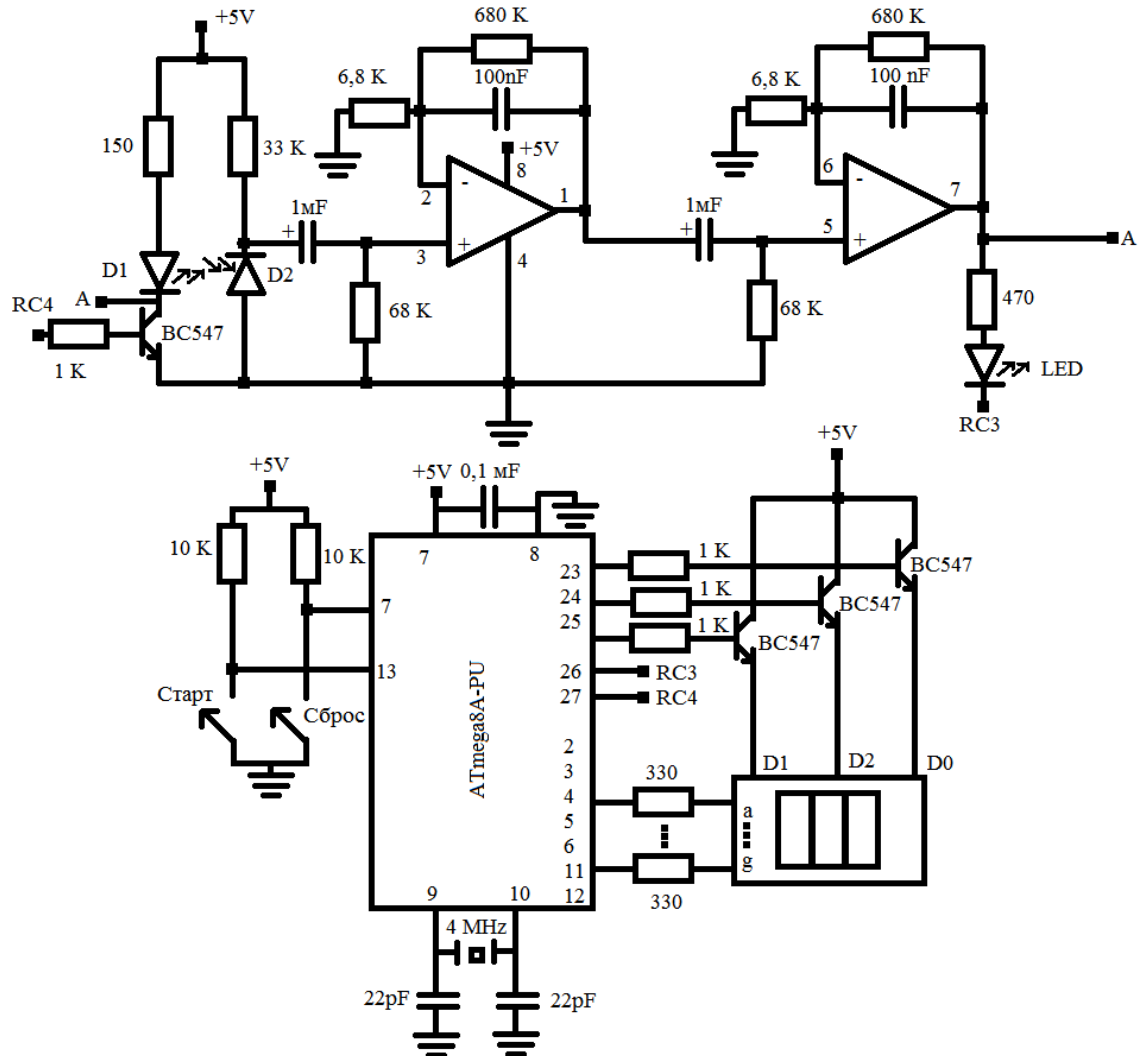


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

Алгоритм программы приведен на рис. 3.

**Заключение.** Этот небольшой простой учебный проект имеет на самом деле большой потенциал. Использование микроконтроллера дает возможность дальнейшего наращивания на устройство дополнительных модулей, например, для измерения давления и других показателей здоровья.

В то же время прибор очень прост в использовании. К сожалению, физическая реализация еще не завершена из-за отсутствия некоторых компонентов, но работа обязательно будет закончена.

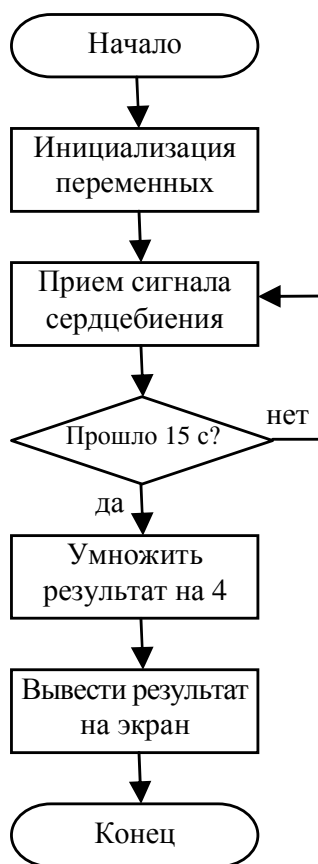


Рис. 3. Блок-схема алгоритма

Планируется дальнейшее развитие проекта, возможно, создание полноценного персонального прибора для мониторинга здоровья.

### Библиографический список

1. Измеритель пульса на микроконтроллере PIC16F628A [Электронный ресурс] // Электроника, микроконтроллеры. – М., 2014. – URL: <http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=76594> (дата обращения: 8.04.2014).

2. Операционный усилитель? Это очень просто! [Электронный ресурс] // Схемотехника, операционные усилители. – М., 2014. – URL: <http://схем.net/beginner/beginner96.php> (дата обращения: 20.04.2014).

# **МЕХАНИЗМ ИНТЕГРАЦИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ФИГУРНОГО РАСКРОЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ И ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ «ЛОЦМАН: PLM»**

**Студент гр. АСУ-106 ПНИПУ А.В. Чёрный**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Р.Т. Мурзакаев*

Современные производственные предприятия используют в своей деятельности множество информационных систем (ИС). Взаимодействие между разнородными системами может быть затруднено из-за несопоставимости формата данных, которыми они оперируют, а также возможной доработки тех или иных систем. Вследствие всего этого автоматизация предприятия носит «лоскутный» характер. Поэтому у руководства компаний все чаще возникает задача интеграции существующих на предприятии «лоскутных» программных продуктов в единую (комплексную, интегрированную) корпоративную информационную систему (КИС) [3].

Примерами таких систем являются система управления жизненным циклом изделия «Лоцман: PLM» и программный комплекс фигурного раскроя листового материала «Itas Nesting».

Целью данной статьи является разработка механизма интеграции программного комплекса фигурного раскроя листового материала с системой управления инженерными данными и жизненным циклом изделия «Лоцман: PLM», позволяющего программному комплексу фигурного раскроя взаимодействовать с файлами, хранящимися в хранилище данных «Лоцман: PLM».

«Лоцман: PLM» представляет собой организационно-техническую систему, обеспечивающую управление информацией об изделии. Относится к классу систем PDM/PLM (англ. Product Data Management (PDM) – система управления данными об изделии; англ. Product Lifecycle Management (PDL) – жизненный цикл изделия) [2].

«Лоцман: PLM» представляет собой трехуровневую систему, состоящую из следующих компонентов:

1. Сервер баз данных, являющийся единым хранилищем всей информации;

2. Сервер приложений, при помощи которого обрабатывается информация;

3. Клиентский модуль, обеспечивающий пользователям доступ к требуемой информации.

Система предоставляет большой набор функций API, которые могут быть вызваны с использованием языка программирования, поддерживающего работу с СОМ-объектами. Эти функции обеспечивают прямой доступ к функциональным возможностям системы [2].

Программный комплекс фигурного раскроя листовых материалов представляет собой набор взаимосвязанных модулей (рис. 1).



Рис. 1. Набор модулей программного комплекса фигурного раскроя листового материала

Система получает чертежи деталей в формате DXF. На основе выбора необходимого набора чертежей и сортамента листов формируется задание на раскрой. После этого происходит автоматическое размещение деталей на листах. По окончании упаковки пользователь может самостоятельно модернизировать карты, выбрать наиболее приемлемый, с его точки зрения, вариант из предложенного списка или выбрать наиболее рациональную с точки зрения программы альтернативу. Далее программный комплекс на основе выбранных карт раскроя формирует управляющую программу резки, которая передается на станок для выпуска готовой продукции (раскроя материала) [4].

Используя технологию COM и средства встроенного API «Лощман: PLM», был разработан механизм интеграции программного комплекса с системой «Лощман: PLM», позволяющий программному комплексу фигурного раскроя взаимодействовать с файлами, хранящимися в хранилище данных «Лощман: PLM» (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм работы механизма интеграции

Решение об интеграции систем средствами «Лощман-API» было принято ввиду того, что добавление данных в «Лощман: PLM» осуществляется средствами подсистемы *Imlood*. Однако использование данной подсистемы в качестве промежуточного звена интеграции между «Лощман» и программным комплексом не может быть осуществимо, потому что подсистема работает в полуавтоматическом режиме, что не является приемлемым в рамках ИС, предназначенной решать стратегические задачи производства, каковой, безусловно, является раскрой материала.

Работа с API осуществляется через сервер приложений. Соединение с сервером приложений осуществляется путем создания COM-объекта.

Установив соединение с сервером приложений, осуществляется взаимодействие с его API. Для того чтобы получить необходимые файлы из хранилища данных «Лоцман: PLM», требуется подключиться к базе данных, выбрав способ аутентификации (аутентификация средствами *Windows* или аутентификация средствами SQL-сервера), и найти в ней объект, для которого нужно извлечь файлы.

Имя базы данных можно выбрать из списка зарегистрированных БД, используя метод `GetDBList`. Возвращается список БД в виде строки (например, `BD, BD1, ... , BD2`) [1].

При подключении к базе данных, используя аутентификацию *Windows*, используется метод `ConnectToDB`, параметрами которого являются выбранная база данных, код возврата и сообщение об ошибке [1].

При использовании аутентификации SQL-сервера вызывают метод `ConnectToDBEx`. Его основными параметрами являются `stDBName`, `stUserName`, `stPassword`: `stDBName` отвечает за название базы данных, к которой нужно подключиться; `stUserName` определяет имя пользователя базы данных; `stPassword` предназначен для пароля пользователя базы данных [1].

Перед вызовом методов сервера приложений необходимо описать форматы, в которых сервер приложений возвращает наборы данных.

Сервер может возвращать наборы данных в двух форматах: внутреннее двоичное представление `TClientDataSet` или XML. По умолчанию используется первый формат, для использования XML необходимо вызвать метод `SetFormat` сервера приложений с параметром 'XML' [1].

После подключения к базе данных и определения формата возвращаемых наборов данных вызывается метод для поиска объектов `FindObject`. Метод может осуществлять поиск по списку типов объектов, наименованию ключевого атрибута, версии, списку состояний, в которых должны находиться объекты, а также по значениям атрибутов объекта [1].

Получив в результате поиска выборку объектов, требуется извлечь принадлежащие им файлы для последующей передачи в программный комплекс фигурного раскроя листового материала.

Для извлечения файлов из хранилища данных «Лоцман: PLM» используется метод ExtractFile [1].

По завершении работы с сервером приложений соединение закрывается. Последующая работа с методами API невозможна без повторной инициализации СОМ-объекта.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет извлечь файлы из хранилища данных «Лоцман: PLM» и передать их в программный комплекс фигурного раскроя листового материала для формирования карт раскроя, исключив использование сторонних программных продуктов, обеспечивая более высокую эффективность работы информационной среды предприятия.

### **Библиографический список**

1. Руководство прикладного программного интерфейса «Лоцман: PLM».
2. Программа обучения «Лоцман: PLM» / Санкт-Петербург. гос. техн. ун-т. – СПб., 2007.
3. Добровольский А. Интеграция приложений: методы взаимодействия, топология, инструменты [Электронный ресурс] // Материалы сайта <http://www.osp.ru>. – URL: <http://www.osp.ru/os/2006/09/3776464/> (дата обращения: 14.05.2014).
4. Шилов В.С., Клементьева А.Н., Мурзакаев Р.Т. Проектирование автоматизированной системы фигурного раскроя листовых материалов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (INNOTECH 2012): материалы IV Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов (1 ноября 2012 г. – 31 декабря 2012 г.).

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОЛИВА РАСТЕНИЙ

Студент гр. АСУ-126 ПНИПУ А.А. Ветчанинов

Научный руководитель – ассистент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бакунов

В последнее время стали очень популярны системы «умный дом», которые могут управлять в доме абсолютно всем, например, регулированием света в зависимости от времени суток, регулированием отопления в зависимости от температуры, закипанием чайника по таймеру и т.д. Не исключением является и полив комнатных растений. Автоматическая система полива растений очень необходима в быту. Данная система позволяет не беспокоиться о растениях и оставлять их на длительный период времени без присмотра. В данной работе рассмотрено и реализовано одно из самых простых устройств для полива растений, включающее в себя датчик влажности почвы.

**Принцип действия.** Данные о влажности почвы поступают с датчика влажности почвы, выводятся на экран ПК и обрабатываются микроконтроллером. Если почва сухая, то с микроконтроллера поступает сигнал на драйвер двигателей, который управляет водяным насосом, вода с которого поступает к растению.

Схема устройства приведена на рис. 1.

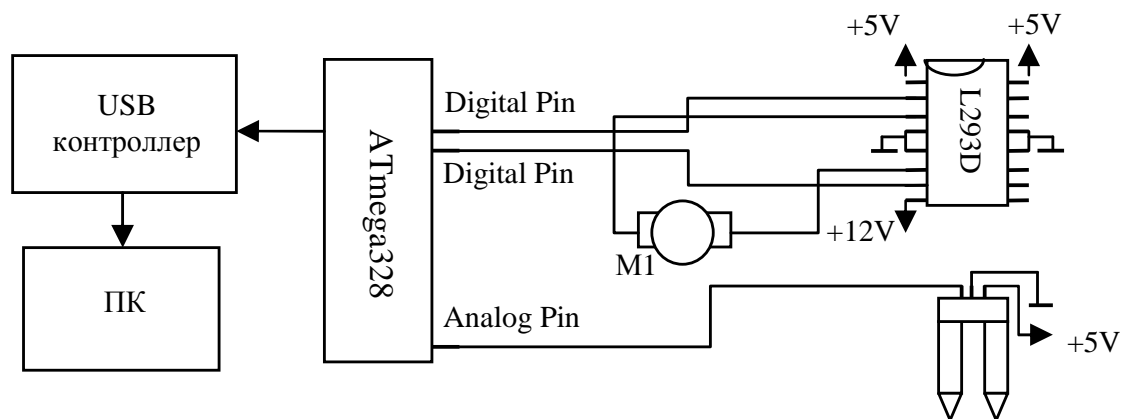


Рис. 1. Схема устройства

Основные элементы устройства:

- микроконтроллер *ATmega328*;
- драйвер двигателей L293D [1];
- насос (M1);
- датчик влажности почвы SEN92355P [2].



Алгоритм программы приведен на рис. 2.

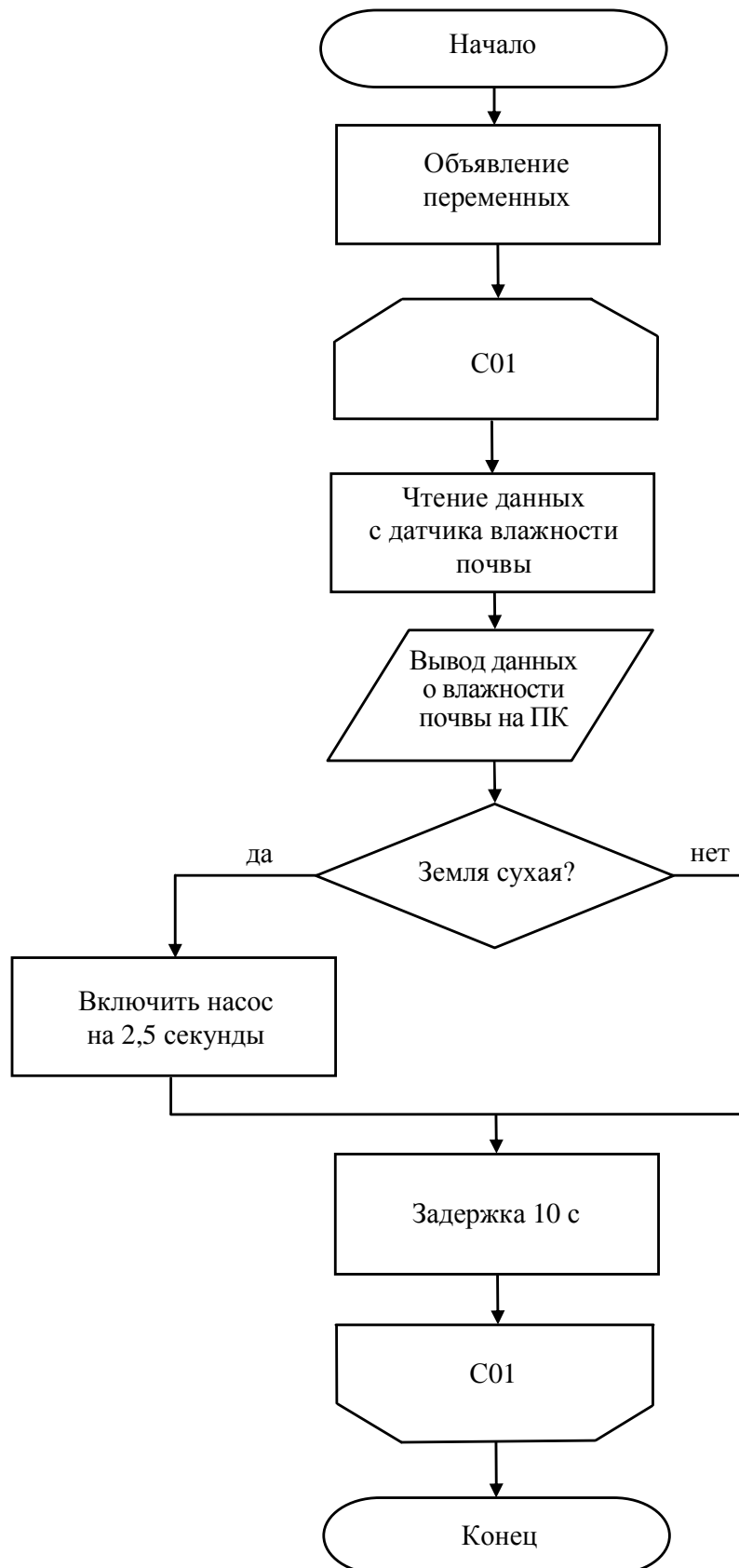


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Реализация устройства показана на рис. 3.

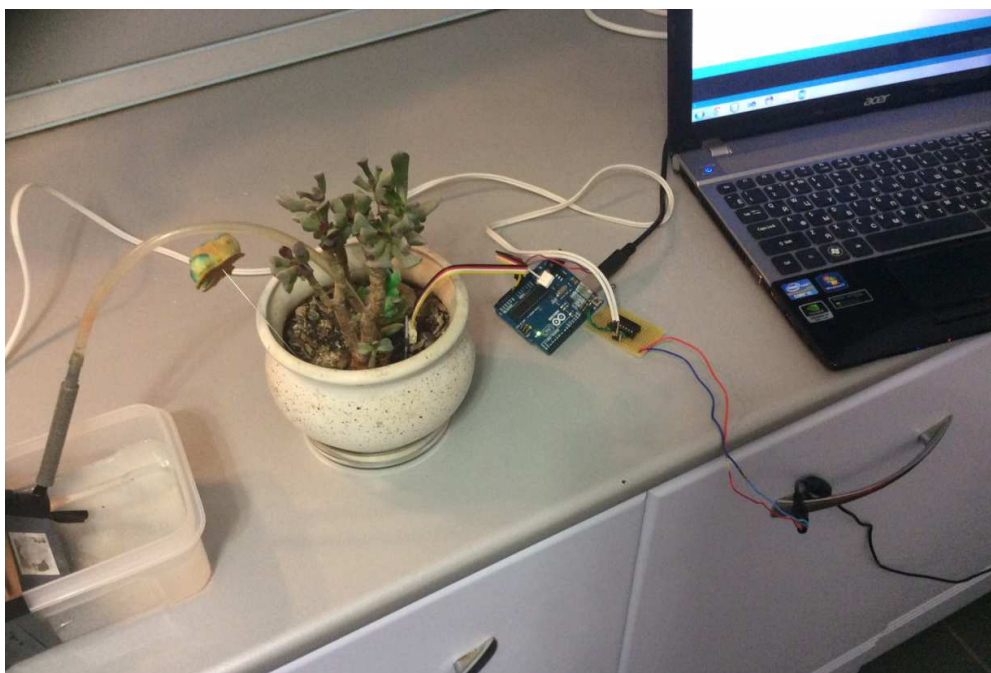


Рис. 3. Реализация устройства

Снятие данных с датчика влажности показано на рис. 4.

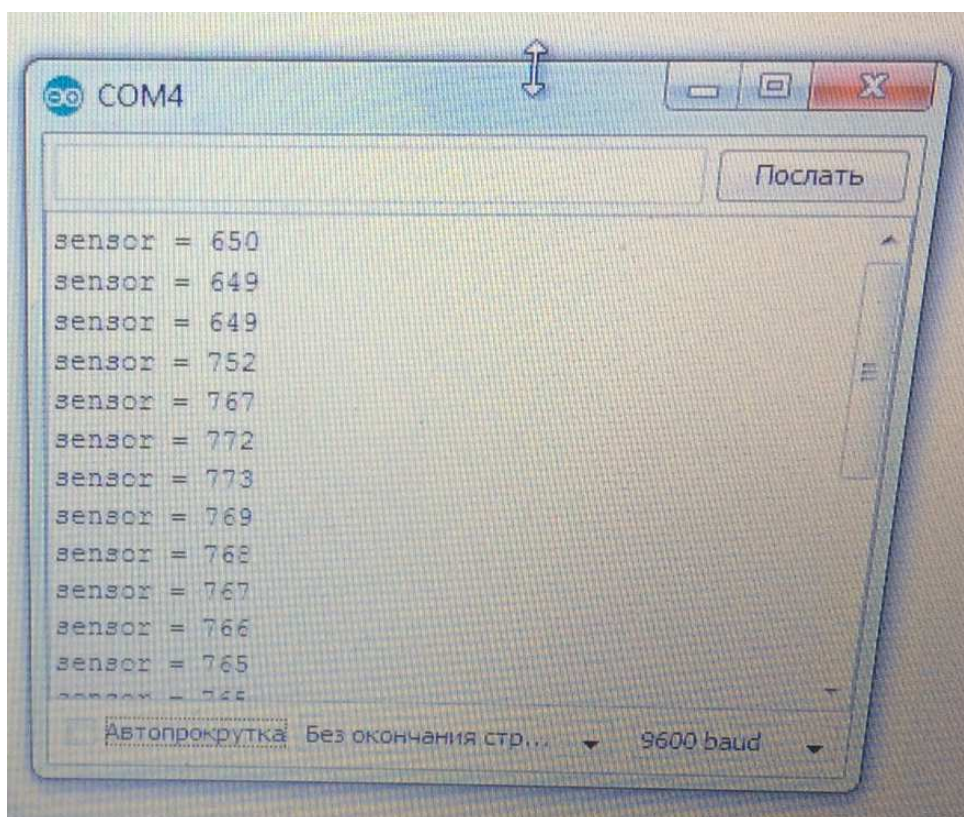


Рис. 4. Снятие данных с датчика влажности

Значения меньше 670 соответствуют сухой почве, больше 670 – влажной почве (зависимость найдена экспериментально).

**Заключение.** Таким образом, было реализовано одно из самых простых устройств для полива растений. Рассмотрена работа с датчиком влажности почвы, драйвером двигателей и языком программирования *Arduino*. Стоит отметить полную работоспособность собранного устройства. Данное устройство можно улучшать, например, установить датчик уровня воды и GSM-модуль для отправки уведомлений о произведенном поливе или уровне воды.

### **Библиографический список**

1. Драйвер двигателей L293D [Электронный ресурс] // Роботы, робототехника, микроконтроллеры. – М., 2013. – URL: [http://myrobot.ru/stepbystep/el\\_driver.php](http://myrobot.ru/stepbystep/el_driver.php) (дата обращения: 14.04.2014).

2. Комнатная теплица. Измеряем влажность почвы [Электронный ресурс] // Лаборатория увлечений. – М., 2014. – URL: <http://hobbylab.ru/smarthome/detail.php?ID=1716> (дата обращения: 22.04.2014).

## РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА РЕДАКТИРОВАНИЯ КАРТ РАСКРОЯ

Студент гр. РИС-126 ПНИПУ В.А. Рутин  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Т. Мурзакаев

Немаловажной составляющей любого приложения является дружелюбный и удобный интерфейс [1]. Наиболее функциональными и полезными элементами графического интерфейса являются редакторы – инструменты, позволяющие визуализировать и наглядно представить результат работы программы. Разработку такого инструмента на примере программного комплекса *ITAS Nesting* рассмотрим подробнее.

**Целью** данной статьи является описание разработки класса на языке Java, предназначенного для визуального отображения деталей с возможностью их перемещения.

Выделим следующие **задачи**:

- масштабирование и перемещение видимой области;
- поддержка корректности перемещения деталей по листу.

**Описание деталей.** В общем случае можно считать, что детали состоят из следующих геометрических примитивов: отрезков, дуг, окружностей [2] (рис. 1). Поэтому каждую деталь необходимо хранить как список ее частей – геометрических примитивов. При отображении детали будем считывать списки дуг, окружностей и отрезков и «рисовать» отдельно каждую часть.

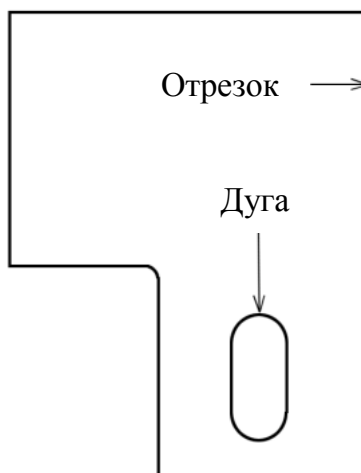


Рис. 1. Чертеж детали

**Реализация масштабирования и перемещения видимой области.** Для реализации масштабирования и перемещения видимой области выделим два наиболее подходящих способа:

1. Использование стандартного класса `AffineTransform`, реализующего метод аффинных преобразований над двумерным пространством;
2. Написание собственных методов масштабирования и перемещения.

При реализации масштабирования видимой области посредством стандартного класса `AffineTransform` при больших коэффициентах масштабирования «прорисовка» деталей имеет большую погрешность, вследствие чего наблюдается разрыв контура детали в местах стыковки ее частей (рис. 2).

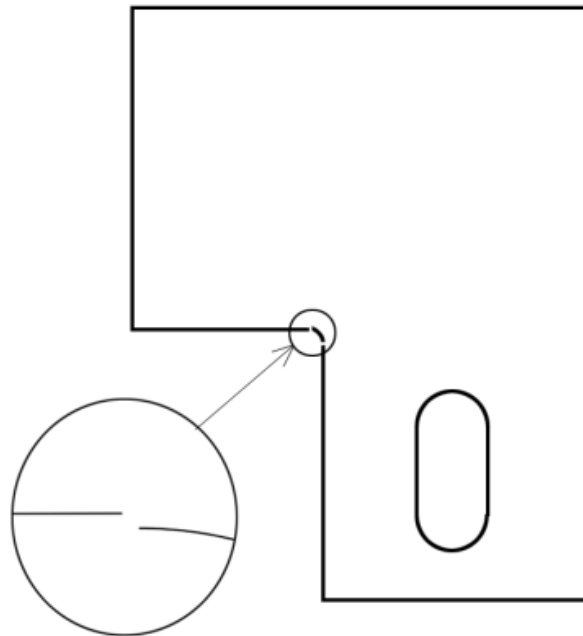


Рис. 2. Разрыв контура детали при использовании класса `AffineTransform`

Следовательно, использование данного класса будет уместно в проектах, где точность расчетов не так важна, например в играх. В остальных случаях необходимо использовать иной способ решения данной задачи.

Для реализации масштабирования и перемещения видимой области введем дополнительные поля класса: *scale* и *shift*. Первый будет хранить коэффициент масштабирования, второй – вектор перемещения.

Поле *scale* необходимо изменять в процессе «скроллинга» колеса мыши. Учитывая, что коэффициент вращения колеса мыши слишком большой, его необходимо делить на некоторую константу, например десять, чтобы масштабирование видимой области происходило плавно. Отметим, что данная операция будет производиться относительно положения курсора (рис. 3, *а*), а не относительно начала координат используемого двумерного пространства (рис. 3, *б*).

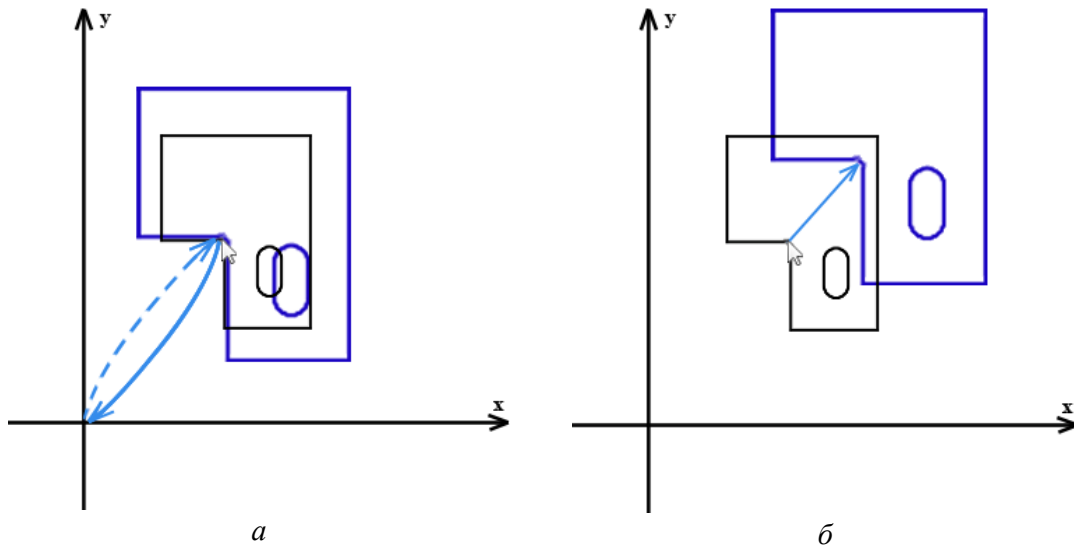


Рис 3. Результат масштабирования относительно мыши (*а*) и относительно начала координат (*б*)

При нажатой правой кнопке мыши будем перемещать все детали и лист на отношение разности координат мыши до и после перемещения к текущему коэффициенту масштабирования.

**Перемещение деталей и анализ столкновений.** Перемещать детали будем тем же способом, каким перемещали видимую область. При этом необходимо отслеживать пересечения деталей друг с другом и с краями листа. Подзадача пересечения объектов сводится к подзадаче пересечения геометрических примитивов и нахождения расстояния между ними [2] и в данной статье не рассматриваются.

Если при перемещении детали (рис. 4, *а*) или группы деталей обнаружим, что она пересекается с какой-либо другой деталью, группой деталей или с краем листа, то построим вектор «выталкивания» из контура объектов, с которыми обнаружены пересечения (рис. 4, *б*), а потом переместим выделенные детали на этот вектор (рис. 4, *в*). После перемещения контура выделенных деталей на вектор выталки-

вания повторно проверим пересечения деталей, и если такая коллизия обнаружена – переместим выделенные детали на вектор, обратный вектору смещения, то есть возвратим в первоначальное положение (рис. 4, з).

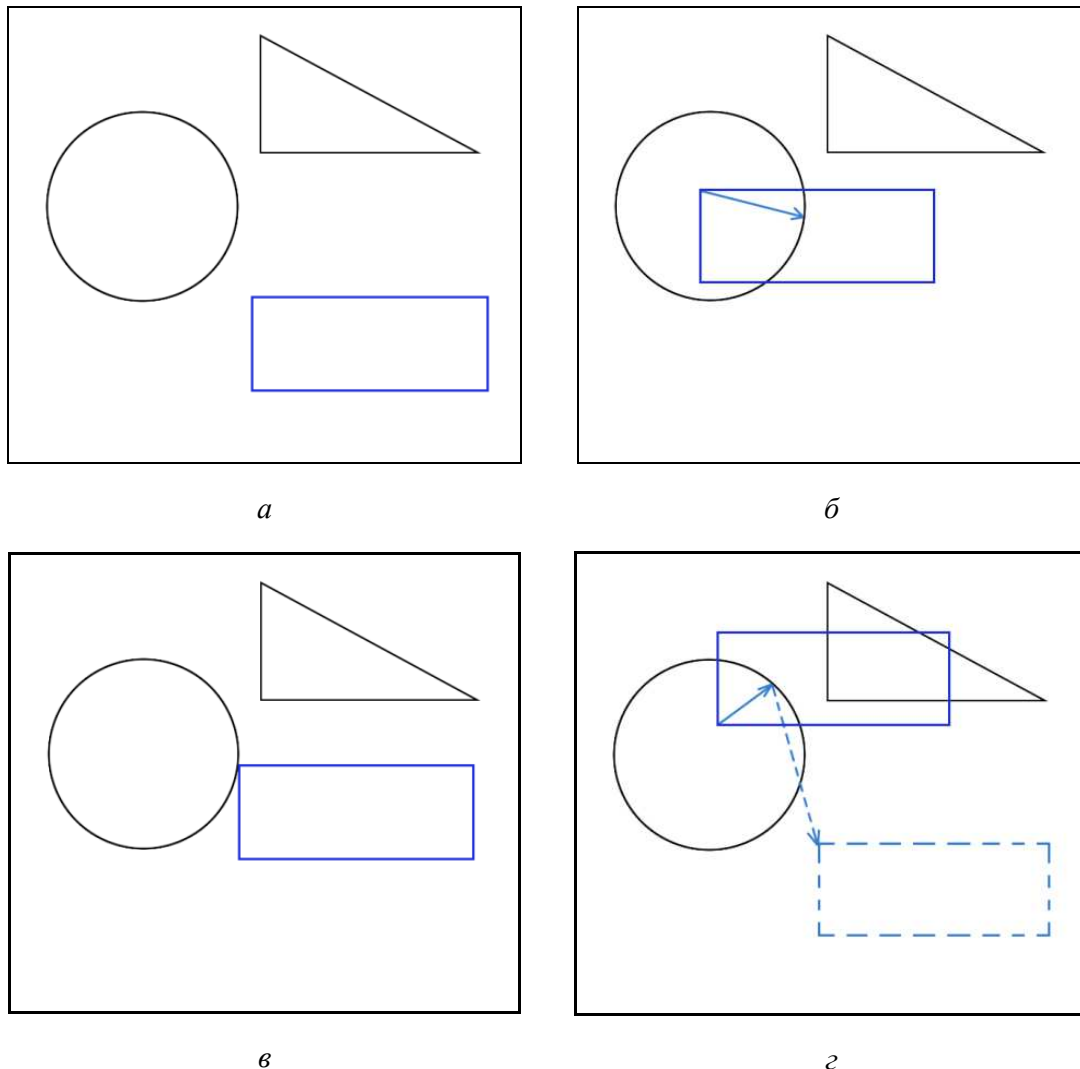


Рис. 4. Различные варианты выталкивания деталей

Причина использования механизма выталкивания достаточно проста: необходимо, чтобы детали совмещались точно друг с другом и «скользили» по границам других деталей и краев листа. При перемещении деталей без механизма выталкивания между ними будет оставаться небольшой зазор, образующийся из-за погрешности измерения координат мыши.

**Заключение.** Реализован класс, позволяющий визуализировать карты раскроя, масштабировать и перемещать изображения деталей

и листа, перемещать детали с учетом непересечения контуров и «скольжения» относительно друг друга, относительно краев листа, а также с возможностью точного позиционирования деталей относительно друг друга. Класс использован при создании редактора карт раскроя программного комплекса *ITAS Nesting* [3].

### **Библиографический список**

1. Файзрахманов Р.А., Архипов А.В. Проектирование автоматизированных информационных систем на основе объектно ориентированного подхода: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010.

2. Мезенцев А.С., Шилов В.С. Интерпретация данных о деталях для алгоритмов решения задач двумерного раскроя-упаковки // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2013. – № 7. – С. 137–143.

3. Мурзакаев Р.Т., Лялин Д.А. Алгоритм уплотнения карты раскроя на основе двумерной гравитационной имитационной модели // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. – 2013. – № 9–10. – С. 34–41.



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

**Магистрант гр. РИС-12-1м ПНИПУ В.С. Байков**  
Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Р.А. Файзрахманов*

Растущий спрос на строительные материалы с высокими требованиями к прочности и водостойкости требует разработки соответствующих методов и средств эффективной организации процесса производства, включая организационные и технологические процессы.

Реализация планов производства связана с работой технологического оборудования, часть параметров которого трудно измерить. В работе рассматривается процесс управления технологическим оборудованием с использованием нечетких переменных для измерения и формирования управляющих решений [1].

Исследователями научно-технического центра «Точка росы» г. Перми был выделен быстрый и эффективный вариант сушки древесины – сушка лиственных пород в гидрофобном составе, в воскоподобных веществах, парафинах. Пропитывание древесины гидрофобным составом при термическом и ультразвуковом акустическом поле позволяет создавать материалы как для декоративной отделки помещений, так и для строительных материалов с высокими требованиями к прочности, водостойкости [2]. С 2006 г. реализовано и запатентовано несколько экспериментальных опытно-конструкторских лабораторных установок для сушки древесины с ультразвуковой интенсификацией процесса. В отличие от прототипов подобных электроустановок ультразвук, добавленный в конструкцию, интенсифицирует скорость сушки на 25–30 %.

В связи с отсутствием данных и невозможностью измерения некоторых параметров разработана модель определения эффективных режимов работы электроустановки на основе нечеткой логики [3].

Целью является выполнение сушки древесины до требуемых характеристик (степень пропитки, цвет). Основным материалом для сушки выбрана береза повислая (лат. *betula pendula*) как распространенная лиственная порода в Пермском крае. Лиственные породы менее востребованы, чем хвойные, в строительстве, в различных деревянных производствах, тем самым привлекая нас по-новому освоить

данное сырье. Высокий интерес к реализации лиственной древесины проявляют лесозаготовительные компании края.

Механизм сушки как процесс извлечения влаги происходит при определенных режимах работы электроустановки, когда вес древесины снижается, а её верхний слой на 0,1–0,4 мм покрывается тем составом, в котором проводилась сушка. При других режимах наблюдается изменение цвета материала и его веса, термическое влияние, увеличение количества пропиточного состава по всей глубине материала, что уже называется пропиткой.

Электрические установки имеют различную мощность – от 4 кВт, вертикальное и горизонтальное исполнение. Установки состоят из емкости с нагревательными элементами, ультразвукового генератора, ультразвукового излучателя, температурных датчиков, устройства, программы управления и предназначены для сушки как мелкого пиломатериала, так и целых бревен до 6 м (рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема сушильной установки

На рис. 1 приняты следующие обозначения: УУ – устройство управления, ОУ – объект управления; ТЭН – трубчатый электронагреватель; УЗГ – ультразвуковой генератор; ПрУ – программа управления; ПУ – пульт управления; СНВ – система нечеткого вывода. Пунктирной линией обозначены добавляемые элементы.

В процессе сушки осушаемый материал из древесины погружается в емкость с разогретым гидрофобным составом на определенное

время и при определенной температуре. По истечении времени материал вынимается, и может быть добавлен недостающий состав и загружена следующая партия [2].

Особенности исполнения процесса сушки таковы, что нельзя полностью контролировать изменение критериев в реальном режиме времени, так как это ведет к нарушению режима сушки. Поэтому при постановке задания на сушку допускается некоторый диапазон критерия, значение которого считается удовлетворительным. Критерий также может быть представлен качественно.

Критерий «степень пропитки» может изменяться в диапазоне 0–100 % (50 % – материал пропитан наполовину, 100 % – материал пропитан полностью). Критерий «цвет» также может изменяться в диапазоне 0–100 % и градуируется от светлых до темных тонов.

Критерии «цвет» и «степень пропитки» являются нечеткими.

Формализация субъективной оценки цвета материала (критерий «цвет») была выполнена с помощью лингвистической переменной «цвет» [4]. В качестве нечеткого терм-множества лингвистической переменной используется множество  $T = \{\text{«исходный»}, \text{«слоновая кость»}, \text{«зелено-бежевый»}, \text{«желтый мед»}, \text{«желтая маслина»}, \text{«желтая охра»}, \text{«зелено-коричневый»}, \text{«коричневая оливка»}, \text{«коричневая сепия»}, \text{«коричневое красное дерево»}, \text{«черно-коричневый»}\}$ . Терм-множество определено на интервале 0–100 %.

На рис. 2 приведены графики функций принадлежности нечеткого терм-множества лингвистической переменной «цвет».

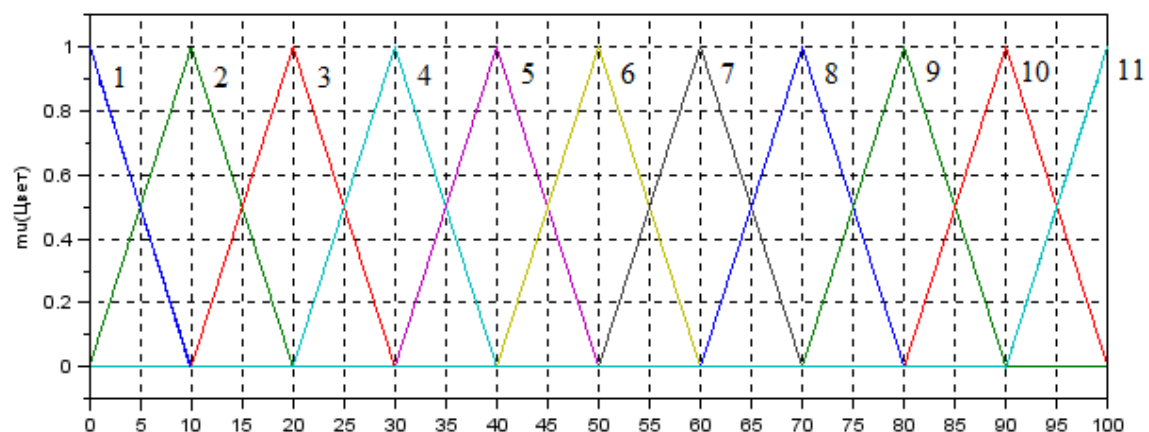


Рис. 2. Лингвистическая переменная «цвет»: 1 – исходный, 2 – слоновая кость, 3 – зелено-бежевый, 4 – желтый мед, 5 – желтая маслина, 6 – желтая охра, 7 – зелено-коричневый, 8 – коричневая олива, 9 – коричневая сепия, 10 – коричневое красное дерево, 11 – черно-коричневый

Лингвистическая переменная «степень пропитки» сформирована аналогичным образом.

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода использовался алгоритм Мамдани [5].

Зависимость выходных величин от входных управляемых параметров устанавливалась на основе экспертных оценок и экспериментальных исследований. В результате создана база правил (БП) нечеткого вывода следующего формата:

ЕСЛИ ( $A = \text{«Значение»}$ ) И ( $B = \text{«Значение»}$ ),  
ТО ( $C = \text{«Значение»}$ ) И ( $D = \text{«Значение»}$ ),

где  $A, B, C, D$  – входные и выходные параметры системы.

БП была заполнена на основании экспертной информации сотрудников и накопленных статистических данных для бруска березы сечением  $120 \times 18$  мм.

На рис. 3 представлены графики изменения состояния критериев от температуры и времени.

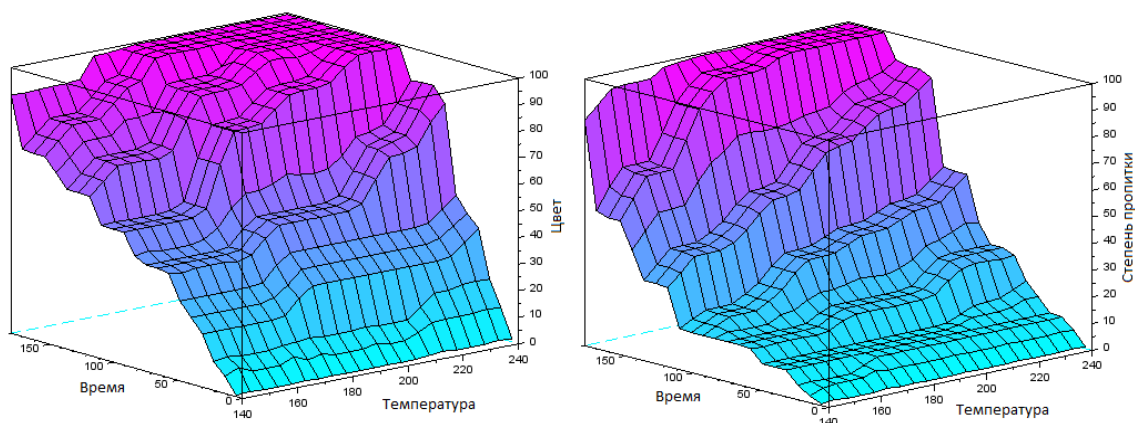


Рис. 3. Графики изменения состояния критериев

Таким образом, подавая на вход модели значения температуры и времени, на выходе мы получаем значения критериев для заданных параметров. Перебирая все возможные сочетания температуры и времени и проверяя выходные значения критериев на соответствие требуемым диапазонам, можно вычислить допустимые режимы работы сушильной электроустановки.

Систематизация моделей по типоразмерам и видам древесины позволила реализовать информационную систему, обеспечивающую эффективное управление сушкой и пропиткой древесины. Предложенный

подход позволяет обучить оператора сушильной машины и построить систему оценки правильности принимаемых им решений.

### **Библиографический список**

1. Zaden L.A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // *Fuzzy Sets and Systems*. – 1997. – 90. – P. 111–127.

2. Fayzrakhmanov R.A., Smagin S.V. Computer modeling of the control of an electric timber dryer // *Russian Electrical Engineering*. – 2012. – № 83(11). – P. 631–636. DOI:10.3103/S106837121211003X.

3. Fayzrakhmanov R.A., Bakunov R.R. Recognition of operating modes of distributed electrical customers by means of adaptive filtration // *Russian Electrical Engineering*. – 2013. – № 84(11). – P. 630–633. DOI:10.3103/S1068371213110035.

4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

## ПОСТРОЕНИЕ КОНТУРОВ В JAVA С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ *JFREECHART*

**Студент гр. АСУ-126 ПНИПУ А.А. Ветчанинов**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Р.Т. Мурзакаев*

Графика является важной составляющей при разработке приложений. Именно графика позволяет визуализировать полученные данные. Работа с графикой имеет свои особенности на различных языках программирования. В данной статье рассмотрено построение контуров в *Java* с использованием графической библиотеки *JFreeChart*\* [1].

Рассмотрим задачу построения контуров в *Java*. Выбор *Java* обусловлен тем, что *Java* позволяет создавать кросс-платформенные программы. Используем готовую библиотеку *JFreeChart*. Преимущества данной библиотеки заключаются в следующем: простота создания рабочей области и построения графиков, автоматическое масштабирование, и ее бесплатность. Несмотря на то, что данная библиотека готовая, трудности все равно возникают. В процессе построения контура необходимо строить графики по точкам, где одному *X* соответствует несколько *Y*, однако данная библиотека не позволяет этого. В *JFreeChart* возможно только строить графики по точкам, в которых одному *X* соответствует один *Y*. В данной библиотеке возможно строить несколько графиков в одной рабочей области, поэтому, используя данную возможность, представим контур в виде нескольких графиков, где каждый есть отрезок. Поскольку точки, по которым строится контур, вводятся пользователем во время исполнения программы, то для данной цели воспользуемся *Java*-контейнером *HashMap<String,XYSeries>*, где объект типа *String* обозначает имя (номер) отрезка, а объект типа *XYSeries* хранит координаты точек данного отрезка. Далее происходит построение отрезков по их имени (номеру). На рис. 1 показан построенный контур.

По умолчанию контур получается разноцветным, так как разные графики строятся разными цветами, но это легко исправить с помощью метода *setSeriesPaint* у объекта класса *XYLineAndShapeRenderer*. Для удобства использования программы было сделано выделение точек кон-

---

\* Author D.G. The JFreeChart Class Library Developer Guide. USA. 2007.

тура и их нумерация с помощью метода *addAnnotation* у объекта класса *XYPlot*. В случае нумерации добавляются элементы типа *String*, а в случае выделения точек – элементы типа *Rectangle2D*. На рис. 2, 3 показаны выделение точек контура и их нумерация соответственно.

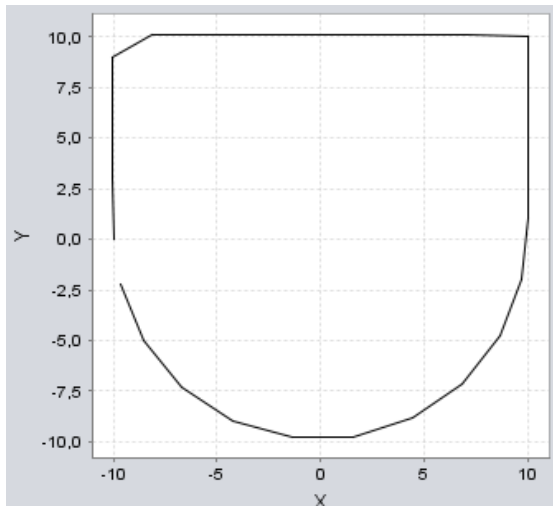


Рис. 1. Построенный контур

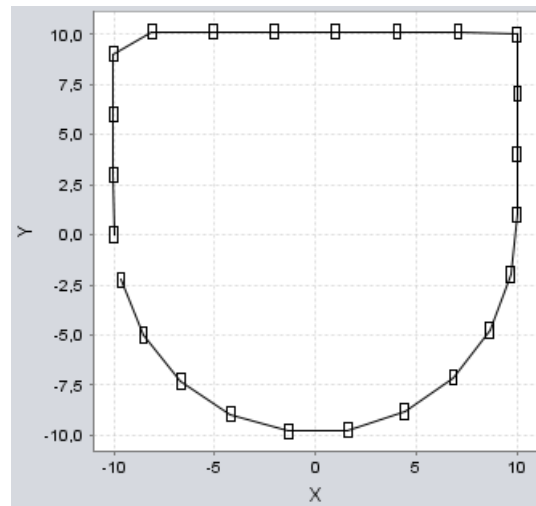


Рис. 2. Выделение точек контура

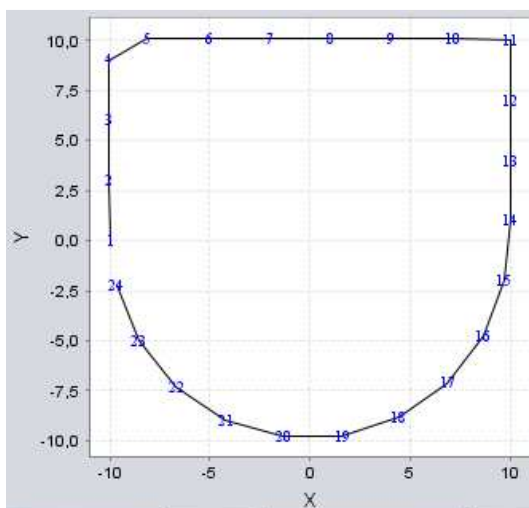


Рис. 3. Нумерация точек контура

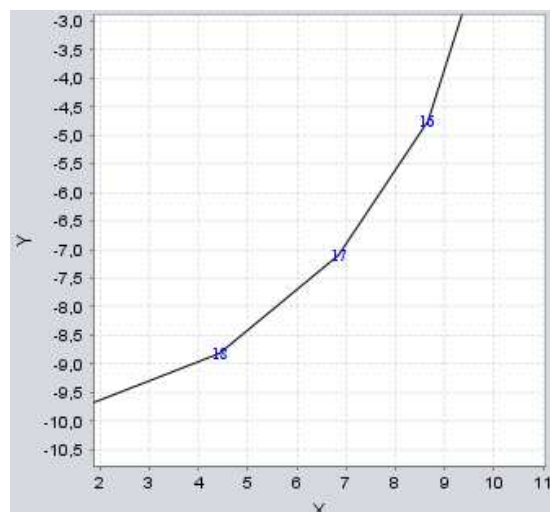


Рис. 4. Масштабирование контура

Также для удобства использования было сделано масштабирование контура с помощью методов *zoomInDomain* и *zoomOutDomain* у объекта класса *ChartPanel*. На рис. 4 показано масштабирование контура.

Таким образом, решена задача построения контуров с помощью графической библиотекой *JFreeChart* в *Java*, кросс-платформенности, масштабирования, изменения цвета, нумерации и выделения точек контуров.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA168

Студентка гр. ЭВТ-126 ПНИПУ И.А. Севрюкова

Научный руководитель – ассистент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бакунов

На сегодняшний день всё более популярным становится внедрение в различные сферы жизнедеятельности человека автоматизированных систем управления, которые позволяют облегчить или вовсе заменить человеческий труд. Одной из таких и является наша автоматизированная система вычисления площади помещения. В частности, она может использоваться в бюро технической инвентаризации при проведении работ с недвижимостью, в строительных компаниях. Кроме того, зачастую возникает проблема следующего характера: при ремонте помещения сложно определить, сколько необходимо закупить того или иного отделочного материала. Однако, зная площадь помещения, можно без труда справиться с этой проблемой. Именно на решение подобных вопросов направлен данный проект.

**Принцип действия.** В основе данной системы лежит аппаратная платформа *Freeduino* (аналог *Arduino Diecimila*), основанная на микроконтроллере *ATmega168*. Устройство программируется через USB без использования программатора при помощи языка *Arduino* (основан на языке *Wiring*) и среды разработки *Arduino* (основана на среде разработки *Processing*). Платформа содержит 14 цифровых входов/выходов [3] (6 из которых могут использоваться как ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи адаптера AC/DC или аккумуляторной батареи. Микроконтроллер *ATmega168* имеет: 16 кБ флеш-памяти для хранения кода программы (2 кБ используются для хранения загрузчика), 1 кБ ОЗУ и 512 байт EEPROM. Данная плата будет использоваться для обработки данных, получаемых с ультразвукового датчика расстояния.

Как и было изложено выше, в устройстве используется ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR504 [2], разъем сенсора которого – 4 обычных пина, что позволяет просто присоединить его



к беспаячной плате, припаять к макетной плате или использовать для подключения обычные пины (типа «мама»). Данный сенсор излучает короткий ультразвуковой импульс, который отражается от объекта и принимается сенсором. Исходя из вычисленного времени до получения эха и скорости звука в воздухе, рассчитывается расстояние до препятствия. Таким образом, сенсор получает сигнал эха и выдает расстояние, которое кодируется длительностью электрического сигнала на выходе датчика (Echo). Следующий импульс может быть излучен только после исчезновения эха от предыдущего.

Следующее устройство, которое используется в данной системе, – сервопривод [1]. По сути, это мотор-редуктор, который поворачивает входной вал на определенный угол и удерживает его в заданном положении вопреки сопротивлениям и возмущениям окружающей среды. На выходной вал насаживается так называемая «качалка» – пластиковый или металлический рычаг, коромысло, диск или крест, на который насаживается наш датчик для измерения расстояния. Вал с качалкой жестко связан с движком переменного резистора. Резистор текущим сопротивлением сообщает системе контроля о положении вала. На схему поступают сигналы управления, сообщающие, в какое положение необходимо повернуть выходной вал (и резистор соответственно), после чего на моторчик подается питание, устанавливающее вал в заданное положение. Угол задается длительностью импульса, поступающего с определенной частотой. Чтобы удерживать данное положение, импульс должен повторяться. Сигнальный провод сервопривода слаботочный, следовательно, импульсы можно подавать непосредственно с ноги микроконтроллера.

В целом же устройство работает по следующему принципу: датчик расстояния и сервопривод, взаимодействующие между собой, подключены к аппаратной плате *Arduino*, установленной на платформе, которая может передвигаться при помощи гусениц. Система устанавливается напротив стены, после чего приводится в действие. После того как она доедет до стены, она начнет искать ближайший угол (когда с двух примыкающих друг к другу сторон будет препятствие) и, установив в углу условную начальную точку, приближаясь и отдаляясь от стены, вычислит скорость движения системы в единицу времени и по правилу «левой руки» (общеизвестное правило прохождения любого лабиринта) начнет идти вдоль стены, останавливаясь и поворачивая сервопривод с датчиком на 90 град влево, снимая

показания, тем самым проверяя, не пропало ли препятствие из вида устройства. Таким образом, когда система доедет до угла, возможно вычислить, какое расстояние она прошла, следовательно, будет получено одно значение расстояния. Подобным образом устройство обойдет все стены и вычислит площадь помещения.

Основные элементы устройства:

- аппаратная платформа *Freeduino* на базе микроконтроллера *ATmega168*;

- ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR504;

- сервопривод;

- контроллер двигателей постоянного тока;

- 4 резистора, 5 конденсаторов, 2 электролита, 8 диодов;

- двигатели постоянного тока;

- редукторы;

- ходовая часть.

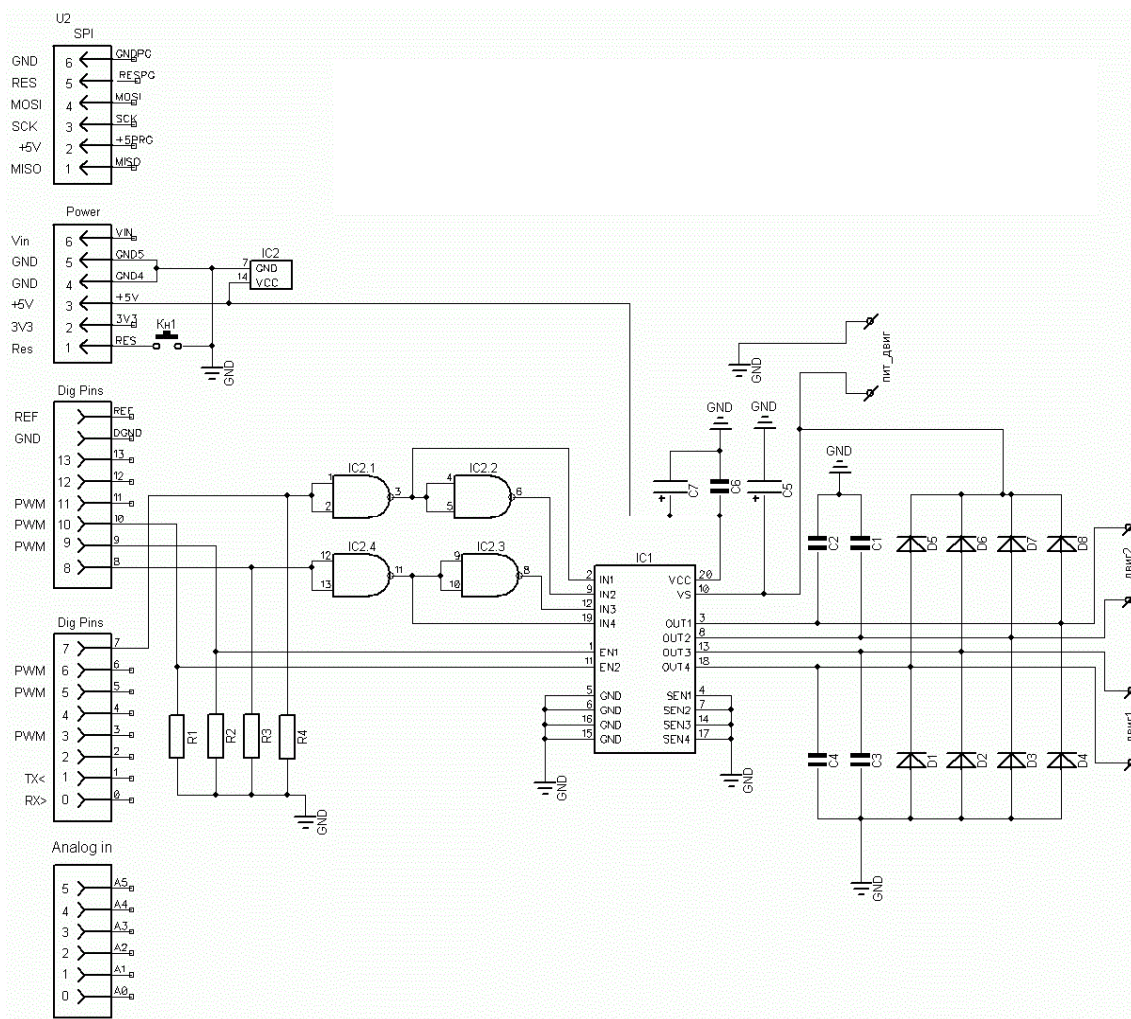


Рис. Принципиальная схема платы для подключения моторов

Схема устройства содержит множество элементов и подключаемых друг к другу блоков. На рисунке, к примеру, представлена схема платы для подключения моторов.

**Заключение.** Разработанное устройство может послужить основой при решении различных проблем. Оно просто в использовании, не требует технических знаний, что позволит использовать его не только на производстве, но и в быту.

### **Библиографический список**

1. Программирование Arduino – библиотека Servo [Электронный ресурс] // Электроника, программирование. – М., 2014. – URL: <http://robocraft.ru/blog/arduino/245.html> (дата обращения: 17.02.2014).
2. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 [Электронный ресурс] // Электроника, сенсоры и датчики. – М., 2014. – URL: <http://robocraft.ru/blog/electronics/772.html> (дата обращения: 02.03.2014).
3. Разработка устройства на Arduino. Приоритет выводов [Электронный ресурс] // Электроника, вычислительные платформы. – М., 2014. – URL: <http://zelectro.com.ua/lesson4> (дата обращения: 13.03.2014).

## АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ *MY VISION*

Студенты гр. ЭВТ-126 ПНИПУ Г.В. Калинин,

Н.В. Викторенков, Е.Д. Власов

Научный руководитель – ассистент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бакунов

*Oculus Rift* – это настоящие очки виртуальной реальности. Когда вы их надеваете, то видите картинку не на экране перед собой, а вокруг себя, т.е. вы оказываетесь внутри виртуального мира. Поэтому, *Oculus Rift* идеален для 3D-игр, так как дает полное погружение в виртуальный мир.

Очки созданы компанией *Oculus VR*, которую основали: военный инженер США Палмер Лакки и легендарный Джон Кармак в 2012 г.



**Аппаратные средства.** Для подключения к компьютеру используются разъем DVI, возможно подключение по HDMI. Также используется USB для передачи данных с трекера и дополнительный разъем питания. Кабели подключаются к компактному внешнему контроллеру, соединенному с очками одним проводом.

В отличие от других 3D-технологий в *Oculus Rift* не используются затворы или поляризаторы. Изображения для каждого глаза выводятся на один дисплей (каждое изображение занимает немного меньше половины дисплея) и затем корректируются при помощи линз.

В первых прототипах использовался LCD-дисплей с диагональю 5,6 дюйма; однако после успешной кампании на *Kickstarter* было решено использовать 7-дюймовый дисплей (*Innolux HJ070IA-02D*),

из-за чего последующие устройства несколько больше по размеру. Стереоскопический эффект на новом дисплее усилен из-за того, что поле зрения для правого и левого глаза не перекрывается на 100 %. Для левого глаза доступен небольшой дополнительный фрагмент картинка слева, для правого – справа, что приближает *Rift* к нормальному человеческому зрению.

Поле зрения имеет размеры немного более 90 град по горизонтали (110 град по диагонали), что примерно в два раза больше, чем у массово производившихся ранее видеоочков и шлемов ВР.

Разрешение дисплея в нынешней версии для разработчиков составляет 1280×800 (соотношение сторон 16:10), на каждый глаз приходится по 640×800 (соотношение 4:5), однако за счет неполного перекрытия итоговое изображение немного шире чем 640 пикселей по горизонтали. Изображение на дисплей выводится искаженным и затем исправляется при помощи линз, создавая сферическое изображение для каждого глаза. Из-за линз пиксели имеют разные видимые размеры (растянуты у края изображения).

Во втором наборе разработчика используется PenTile-дисплей разрешением 1080p с паттерном «diamond». В потребительской версии ожидается «более высокое разрешение».

Прототипы использовали трекер *Hillcrest 3DoF* с штатной частотой опроса 120 Гц, но по запросу Джона Кармака была подготовлена прошивка, разгоняющая трекер до 240 Гц. В финальной версии будет использоваться трекер с частотой опроса в 1000 Гц: *Adjacent Reality Tracker*, состоящий из трехосевого гироскопа, акселерометров и магнитометра.

Вес очков составляет около 380 г.

Устройство требует индивидуальной настройки для использования, а также разовой предварительной калибровки магнитного сенсора. Вторая версия имеет внешнюю камеру для дополнительного отслеживания позиции головы в пространстве.

**Development Kit 2.** DK2 – это улучшенная версия шлема виртуальной реальности для разработчиков. В DK2 используется OLED-дисплей с малым временем послесвечения, чтобы избежать размытия движения и вибрации, двух из самых главных причин, вызывающих «болезнь симулятора» (укачивание и т.д.). Малое время послесвечения делает сцену визуально более стабильной, увеличивая ощущение присутствия.



Также добавлена хорошая система определения местоположения (таблица).

**Таблица сравнения DK1 и DK2**

Дисплей	DK2	DK1
Разрешение	960×1080 на каждый глаз	640×800 на каждый глаз
Частота обновления	75 Hz, 72 Hz, 60 Hz	60 Hz
Оптика		
Оптика	100° угол обзора (nominal)	>90° угол обзора
Внутренне отслеживание		
Сенсоры	Gyroscope, Accelerometer, Magnetometer	Gyroscope, Accelerometer, Magnetometer
Частота обновления	1000 Hz	1000 Hz
Определение местоположения		
Сенсоры	Near Infrared CMOS Sensor	–
Частота обновления	60 Hz	–
Вес и Цена		
Вес	440 г	380 г
Цена	350 \$	300 \$

Наборы разработчика первой версии (DK1) продаются с лета 2013 г. за 300 долл., второй версии (DK2) – с июля 2014 г. Стоимость DK2 – 350 долл. Потребительская версия (CV1), по слухам, планируется к выпуску в конце 2014 – начале 2015 г., никаких официальных данных пока не предоставлено.

**My Vision.** Прежде уже упоминалась о том, что очки помогают, погрузиться в виртуальный мир, но в проекте *My Vision* человек погружается в реальный мир. Кто-то скажет, зачем погружаться в реальный мир? Мы ведь и так знаем, что в нем происходит. Но это мы

знаем только от своего лица. Наша система позволяет взглянуть на мир не только своими глазами, но и другими, можно сказать, дополнительными глазами, которые могут находиться где угодно. Например, ваши вторые глаза могут быть глазами робота, который занимается исследованиями на дне океана, или же интерактивной веб-камерой в гостях у друга, а также много других ситуаций, где вы не можете присутствовать лично. Система позволяет достаточно легко удаленно управлять «второй парой глаз» при помощи головы, как вы это делаете в реальной жизни. Устройство проекта представляет из себя платформу на которой находятся две веб-камеры, которые могут поворачиваться как по горизонтали, так и по вертикали. Повороты камер осуществляются сервоприводами, которые управляются с помощью МК, соединенного сетью с ПК, и получает команды (можно как проводной, так и беспроводной сетью). ПК получает данные с *Oculus Rift*, и программа отправляет команды на МК.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ *MY VISION*

Студенты гр. ЭВТ-126 ПНИПУ Г.В. Калинин,

Н.В. Викторенков, Е.Д. Власов

Научный руководитель – ассистент  
кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Р. Бакунов

Разработанная программа использует набор библиотек OVR версии 0.2.5, а также фильтры (библиотеки) *windows DirectShow*. Код написан на языке C++ в среде разработки *Visual studio 2012*.

Библиотеки OVR используются для работы с набором разработчика *Oculus rift*. Конкретно библиотеки позволяют работать с данными, полученными с датчиков *Oculus rift* (магнетометром, акселерометром и гироскопом), и формировать конечное изображение для вывода на дисплей *Oculus rift*.

*DShow* использован для получения и обработки изображений с двух веб-камер. Преимущество этой библиотеки перед аналогичными заключается в быстрой работе (по сравнению, например, с *opencv*) и простом использовании.

Принципиальная схема работы программы показана на рисунке.



Рис. Принципиальная схема работы программы

При инициализации программа пытается подключиться к веб-камерам, контроллеру и *Oculus rift* и создает соответствующие объекты для дальнейшего обращения к ним:

– для камер:

```
VI.setupDevice(dev, 800, 600, VI_COMPOSITE );
```



```
VI.setupDevice(dev2, 800, 600, VI_COMPOSITE);  
– для Oculus rift:  
DeviceManager::Create();  
new SensorFusion();  
*pManager->EnumerateDevices<HMDDDevice>().CreateDevice();  
*pHMD->GetSensor();  
– для работы с контроллером (com-портом):  
serial.Open(9600)/
```

Далее идет настройка параметров окна программы, некоторых параметров объектов для обработки изображения, например коэффициенты дисторсии, и запуск функций для рендера изображения. Библиотека OVR содержит собственные функции для рендера, которые изменяют изображение так, чтобы оно корректно изображалось на очках *Oculus rift*. Напомню, что в очках *Oculus rift* используются оптические линзы, которые расширяют угол обзора, но при этом искажают изображение. При этом следует компенсировать искажение, программно изменяя исходное изображение. В итоге мы получаем неискаженное изображение, которое занимает до 110 град угла обзора.

После запуска функции рендера она начинает работать циклично, поочередно для каждого глаза. Сначала снимаются показания датчиков с очков виртуальной реальности, преобразуются в углы наклона головы, записываются в команды и отправляются через com-порт на контроллер. Контроллер обрабатывает команды и выставляет соответственные углы на сервоприводах. Каждый сервопривод отвечает за своё направление поворота головы. Таким образом, камеры, установленные на платформе, направляемой сервоприводами, поворачиваются в то же положение, что и голова пользователя.

Далее программа получает изображение с соответствующей для глаза веб-камеры и записывает его в текстуру. Текстура передается в функцию рендера, описанную в библиотеке OVR, где она изменяется и выводится на очки.

Вся функция выполняется циклично, примерно 60 раз в секунду.

При выходе из программы вызываются деструкторы всех задействованных объектов, com-порт с контроллером закрывается и на этом работа программы завершается.

## ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА *ITAS-NESTING*

Студентка гр. РИС-13-1м ПНИПУ А.А. Брюханова

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент

кафедры ИТАС ПНИПУ Р.Т. Мурзакаев

Каждая сложная программная система состоит из отдельных частей – модулей, выполняющих ту или иную функцию в составе системы. Чтобы удостовериться в корректной работе системы в целом, необходимо протестировать каждый ее модуль по отдельности. В случае возникновения проблем при тестировании системы в целом модульное тестирование позволяет выявить модули, вызвавшие проблему и устранить соответствующие дефекты в них. Такое тестирование модулей по отдельности получило название модульного тестирования (*unit testing*).

Для каждого модуля, подвергаемого тестированию, разрабатывается тестовое окружение, включающее в себя драйвер и заглушки, готовятся тест-требования и тест-планы, описывающие конкретные тестовые примеры.

Основная цель модульного тестирования – удостовериться в соответствии требованиям каждого отдельного модуля системы перед тем, как будет произведена его интеграция в состав системы.

При использовании командной разработки проекта важно следить за тем, чтобы изменения, внесенные кем-то из разработчиков, не привели к тому, что система оказалась неработоспособна. Так же для координации команды разработчиков необходимо, что каждый получал самую актуальную сборку проекта.

Решать такие задачи помогают различные системы управления проектами и системы интеграции.

При разработке АРМ раскрытия материала используется интеллектуальный сервер непрерывной интеграции *TeamCity*. Основными возможностями *TeamCity* являются:

- автоматическое тестирование модулей системы с мгновенными уведомлениями об ошибках;

- возможность запускать сборку и тестирование измененного кода без загрузки в систему контроля версий, прямо из среды разработки;

- одна из лучших на рынке поддержка Java-проектов со встроенными идентификацией структуры проекта и тестов, анализом кода, покрытием кода и интеграцией с хранилищами систем контроля версий;
- иерархическая структура проектов, позволяющая легко настроить права и значительно ускоряющая конфигурацию сервера;
- возможность построения статистических отчетов по результатам сборок;
- легкое управление подсистемами сборки проектов, включая их автоматическое обновление, разбиение на пулы и отчеты по загрузке;
- управление общими ресурсами, позволяющее ограничивать доступ к совместно используемым базам данных, тестовым устройствам и т.п.
- конфигурируемые условия для пометки сборки как отклоненной на основе множества метрик, включая такие как число непроданных тестов, число непокрытых классов и модулей, а также метрики, исключающие деградацию качества кода;
- встроенная очистка истории сборок, отчеты о занимаемом дисковом пространстве и отчеты о здоровье сервера;
- интеграция с системами контроля версий.

Таким образом, *TeamCity* используется не только для осуществления модульного тестирования, но и для проверки на работоспособность всей системы в целом.

На рис. 1 представлен фрагмент сгенерированного отчета *TeamCity*, в котором содержится информация о результатах каждого unit-теста и о статусе построения сборки проекта. В первой графе отчета указано время, в которое был запущен тест или выполнена сборка проекта, во второй графе – имя пакета, содержащего тесты. Из рисунка видно, что раскрыт пакет тестов *PuzzleContourPullingTest*, который включает в себя семь тестов для методов выталкивания деталей, все тесты пройдены успешно. Также можно оценить время выполнения методов. Если тест выполняется слишком долго, после имени теста выводится время его выполнения. Например, *UoWFactoryTest* выполняется за 10 с, что также можно увидеть из сгенерированного отчета. Сообщение «BUILD SUCCESSFUL» свидетельствует об успешной сборке проекта.

```

[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.algorithm.geometry.ContourTest
[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.algorithm.geometry.GeometryTest
[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleCircleTest
[13:06:43] ⊖ ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest1
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest2
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest3
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest4
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest5
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest6
[13:06:43] [ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPullingTest] pullingTest7
[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourPushingTest
[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.algorithm.puzzle.PuzzleContourTest
[13:06:43] ⊕ ru.pstu.itas.dbwork.UoWFactoryTest (10s)
[13:06:53] ⊕ ru.pstu.itas.dxf.DXFLoaderTest
[13:06:54] ⊕ ru.pstu.itas.model.DBVersionTest
[13:06:58] [Step 2/4] :jar (6s)
[13:07:04] [Step 2/4]
[13:07:04] [Step 2/4] BUILD SUCCESSFUL

```

Рис. 1. Отчет о тестировании и формировании сборки

Если при сборке проекта происходят какие-либо ошибки, то *TeamCity* информирует об этом разработчиков. Разработчик, чьи загруженные изменения кода содержали ошибки, получает уведомление на электронную почту.

На рис. 2 представлена таблица с результатами сборок проекта.

#195	✔ Tests passed: 21; duplicates found: 541   ▾	<a href="#">View</a>   ▾
#194	❌ Compilation error: :generateQueryDSL; duplicates found: 541 (+5 -4)   ▾	None   ▾
#193	❌ Compilation error: :generateQueryDSL (new); duplicates found: 540   ▾	None   ▾
#192	✔ Tests passed: 20; duplicates found: 540   ▾	<a href="#">View</a>   ▾
#191	⊗ Canceled (Exit code 1 (new))   ▾	None   ▾
#190	⊗ Canceled (Exit code 1 (new))   ▾	None   ▾
#189	⚠ Tests passed: 20; cannot start build runner; duplicates found: 540   ▾	None   ▾
#188	❌ Tests passed: 20; compilation error: java (new); duplicates found: 540 (+320 -339)   ▾	None   ▾
#187	❌ Gradle exception; exit code 1; duplicates found: 559 (+1 -2)   ▾	None   ▾
#186	❌ Gradle exception; exit code 1; duplicates found: 560 (+1 -2)   ▾	None   ▾
#185	❌ Gradle exception (new); exit code 1 (new); duplicates found: 561 (+340 -320)   ▾	None   ▾
#184	✔ Tests passed: 20; duplicates found: 541 (+1)   ▾	<a href="#">View</a>   ▾
#183	✔ Tests passed: 20; duplicates found: 540   ▾	<a href="#">View</a>   ▾
#182	❌ Gradle exception (new); exit code 1 (new); duplicates found: 540   ▾	None   ▾
#181	✔ Tests passed: 19; duplicates found: 540   ▾	<a href="#">View</a>   ▾

Рис. 2. Таблица результатов сборки проекта

Зеленый круг с галочкой свидетельствует о том, что сборка собрана успешно, все тесты пройдены и не возникло ошибок при компиляции. Красный круг с восклицательным знаком означает, что воз-

никли какие-либо ошибки. Например, при запуске сборки #194 возникла ошибка компиляции. Если сборка окажется неготовой к запуску, то она будет помечена треугольником с восклицательным знаком, как сборка #189. Для примера использования unit-тестов рассмотрим тесты на соблюдение технических ограничений и тесты, покрывающие работу с базой данных.

Для осуществления раскроя необходимо, чтобы карты раскроя были составлены корректно, и при их построении были соблюдены некоторые технологические ограничения.

Одним из таких ограничений является учет зазора между деталями. Его несоблюдение может привести к повреждению их контуров. Поэтому важно проверять, чтобы алгоритмы сборки не только могли компактно уложить детали на лист, но и не привели к тому, чтобы расстояние между ними оказалось меньше минимального допустимого.

В редакторе карт раскроя такую проверку осуществляет метод *isCloser()*. Чтобы проверить корректность его работы нужно покрыть метод unit-тестом. Пример представлен в листинге 1.

*Листинг 1. isCloserTest*

```
@Test
public void isCloserTest() throws AssertionError{
    ArrayList<IContourPart> c1=new ArrayList<>();
    c1.add(new GeometrySegment(new Point(1,2),new
Point(1,5)));
    c1.add(new GeometrySegment(new Point(1,5),new
Point(4,5)));
    c1.add(new GeometrySegment(new Point(4,2),new
Point(4,5)));
    c1.add(new GeometrySegment(new Point(4,2),new
Point(1,2)));
    ArrayList<IContourPart> c2=new ArrayList<>();
    c2.add(new GeometrySegment(new Point(),new
Point(0,6)));
    c2.add(new GeometrySegment(new Point(5,6),new
Point(0,6)));
    c2.add(new GeometrySegment(new Point(5,6),new
Point(5,0)));
    c2.add(new GeometrySegment(new Point(),new
Point(5,0)));
    PuzzleContour contour1=new PuzzleContour(c1);
```

```

PuzzleContour contour2=new PuzzleContour(c2);
assertTrue(contour1.isCloser(contour2,1));
}

```

В приведенном коде происходят следующие операции:

- создается контур *c1* и задаются координаты его точек;
- создается контур *c2* и задаются координаты его точек;
- запускается функция *assertTrue(contour1.isCloser(contour2,1))*,

которая принимает значение «истина», если расстояние между контурами меньше единицы.

Тест считается пройденным, если функция *assertTrue* возвращает истину.

Также покрываются тестами методы, которые выгружают чертежи в формате *DXF* в АРМ раскроя, алгоритмы выталкивания и др.

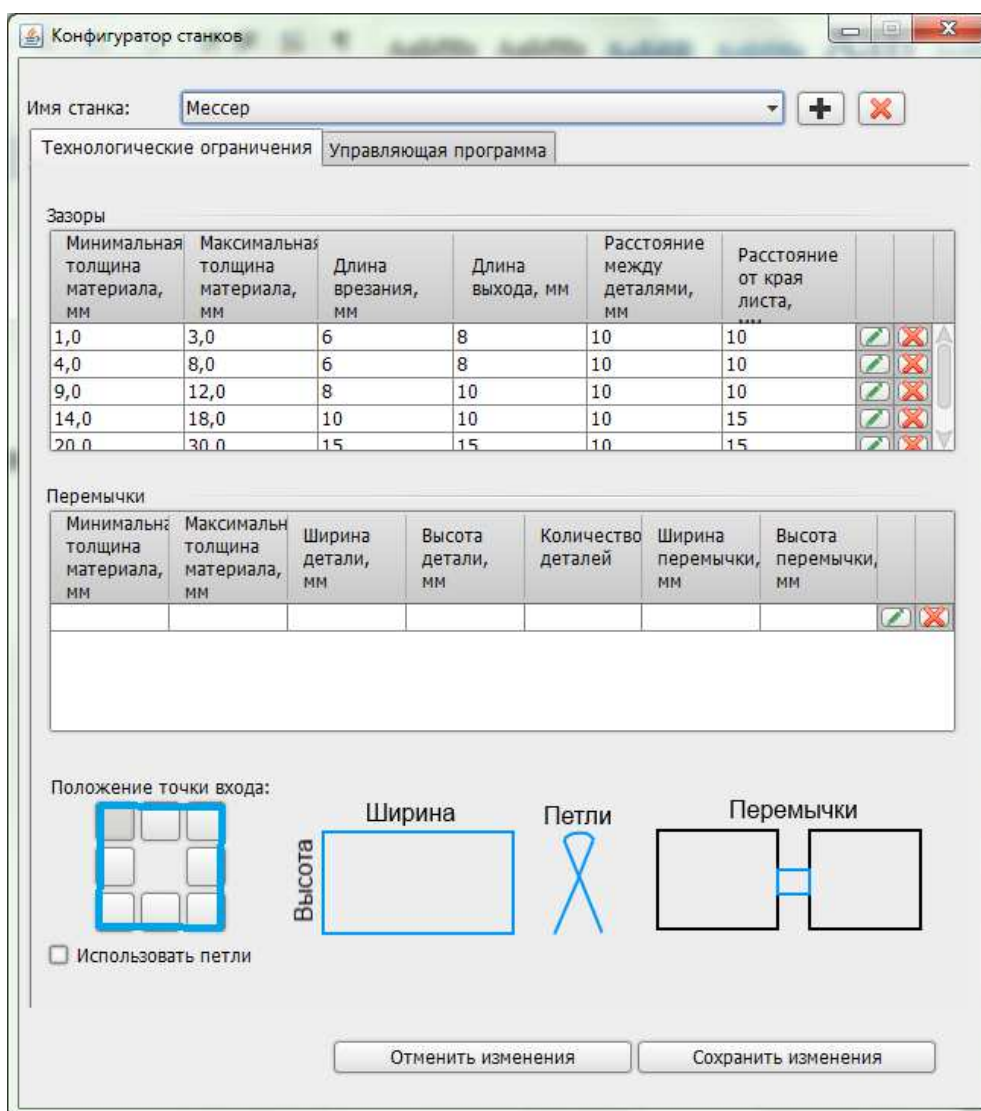



Рис. 3. Конфигуратор станков

Для взаимодействия с базой данных в АРМ раскрыта используется технология *Hibernate*. *Hibernate* — это библиотека для языка программирования *Java*, которая предназначена для решения задач объектно-реляционного отображения (*ORM*). Данная библиотека предоставляет лёгкий в использовании каркас (фреймворк) для отображения объектно-ориентированной модели данных в традиционные реляционные базы данных.

*Hibernate* значительно уменьшает время разработки приложений, работающих с базами данных, создает возможность связи *Java*-классов и таблиц базы данных, предоставляет средства для автоматического построения запросов и извлечения данных.

Важно следить, чтобы данные в базе обновлялись и всегда содержались в актуальном варианте. Рассмотрим написание теста на примере сохранения изменений в модуле «Конфигуратор станков». Главное окно модуля представлено на рис. 3.

При нажатии на кнопку  появится диалоговое окно с полем ввода имени нового станка. При нажатии на кнопку «ОК» происходит сохранение станка в базу данных. Кнопка «Сохранить изменения» вносит изменения в данные станка. Напишем тесты, чтобы проверить, записывается ли созданный станок в базу.

В листинге 2 приведен тест, проверяющий сохранение и обновление данных.

*Листинг 2.* Сохранение станка.

```
@Test
    public void testSavingMachine() {
        // Save test
        Machine machine = new Machine();
        machine.setName("Мессер");
        save(machine);
        Machine machineFromBase =
get(Machine.class, machine.getName());
        assertNotNull(machineFromBase);
    }
```

Тест выполняет следующий алгоритм:

- 1) инициализируется новый станок *machine*;
- 2) станку *machine* присваивается имя «Мессер»;
- 3) *machine* сохраняется в базу данных с помощью метода *save*;
- 4) из базы выгружается станок *machineFromBase*, значение имени которого равно «Мессер»;

5) запускается функция *assertNotNull*, которая возвращает истину, если из базы получен станок или ложка, если станка в базе не оказалось.

Тест будет считаться успешным, если *assertNotNull* вернет истину.

Рассмотрим проверку сохранения изменений в конфигураторе. Например, создадим переменную *gap*, которая будет содержать данные о технологических ограничениях для станка. Установим для интервала толщиной от 0 до 10 мм расстояние между деталями и расстояние от края листа, равное 3, размеры точки входа и точки выхода, равные 4. В листинге 3 представлен тест для проверки обновления данных.

*Листинг 3. Обновление данных станка.*

```
@Test
public void testSavingMachine() {
    // Update test
    List<Gap> gaps = new ArrayList<>();
    Gap gap = new Gap();
    gap.setDepthMax(10);
    gap.setDepthMin(0);
    gap.setIntBetField(3);
    gap.setIntOutField(3);
    gap.setSizePointOutField(4);
    gap.setSizePointInField(4);
    gaps.add(gap);
    machine.setGaps(gaps);
    update(machine);
    machineFromBase = get(Machine.class, machine.getName());
    for(int i=0;i<machineFromBase.getGaps().size();i++){
        assertEquals(machine.getGaps().get(i).getDepthMax(),
            machineFromBase.getGaps().get(i).getDepthMax(),
            0.000001);

        assertEquals(machine.getGaps().get(i).getDepthMin(),
            machineFromBase.getGaps().get(i).getDepthMin(),
            0.000001);

        assertEquals(machine.getGaps().get(i).getIntBetField(),
```



```

machineFromBase.getGaps().get(i).getIntBetField(),
0.000001);

assertEquals(machine.getGaps().get(i).getIntOutField(),
machineFromBase.getGaps().get(i).getIntOutField(),
0.000001);

assertEquals(machine.getGaps().get(i).getSizePointInField(),
machineFromBase.getGaps().get(i).getSizePointInField(),
0.000001);

assertEquals(machine.getGaps().get(i).getSizePointOutField(),
machineFromBase.getGaps().get(i).getSizePointOutField(),
0.000001);
    }
}

```

Тест выполняет следующий алгоритм:

- 1) создается переменная gap – перечень технологических ограничений для определенной толщины,
- 2) добавляется в станок созданное технологическое ограничение;
- 3) вызывается функция update(machine), которая обновляет станок в базе данных;
- 4) из базы данных загружается станок machineFromBase с тем же именем, что и у machine;
- 5) сравниваются технологические ограничения у двух станков с помощью функции assertEquals, которая возвращает истину, если оба параметра эквивалентны.

Тест считается пройденным, если все условия истинны.

Таким образом, организация работы с использованием TeamCity способствует своевременному исправлению ошибок и значительно повышает качество программного обеспечения.

## **РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ И РЕШАТЕЛЯ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

**Студент гр. АСУ-12-2м ПНИПУ А.А. Рахманов**  
Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Е.В. Долгова*

На сегодняшний день одним из наиболее развивающихся направлений в области управления техническими системами является использование интеллектуальных информационных технологий [1, 2]. В области управления робототехническими системами методы искусственного интеллекта находят наиболее широкое применение. Это обусловлено, прежде всего, автономностью роботов и необходимостью решения ими неформализованных творческих задач в условиях неполноты информации и различных видов неопределённости [3]. В частности, при управлении такой сложной системой, как автономный мобильный робот, возникает множество задач, связанных как с реализацией алгоритмов движения в пространстве, так и с процессом принятия решений, необходимых для достижения поставленной задачи.

Однако отдельной сложностью отличается задача организации корректной работы робототехнической системы в том случае, когда используется декларативный подход к управлению. Иными словами, когда человек-оператор мобильного робота располагает недостаточным объемом информации о среде, окружающей робота, когда неизвестен точный маршрут движения, либо перед системой ставится исследовательская задача по поиску объекта, координаты которого заранее неизвестны, от системы принятия решений требуется подход к решению задачи на совершенно другом уровне сложности, чем это предполагается в системах с непосредственным контролем движения оператором.

Общий алгоритм работы автономного мобильного робота можно условно разделить на несколько составных частей. Система получает задание на естественном языке и осуществляет предварительный разбор и формализацию данного задания. Полученные команды обрабатываются предварительно обученной базой знаний, которая учитывает как текущее состояние системы, например, пространственную ориентацию и состояние подсистем, таких как ходовой механизм, так и информацию относительно положения робота на заданной карте,

в результате чего происходит формирование текущей цели и необходимого маршрута. После этого системе необходимо произвести расчет необходимых действий, которые потребуются для движения по данному маршруту, и отдать команды исполнительным движущим механизмам системы. В процессе достижения поставленной задачи система должна постоянно отслеживать информацию, которая поступает от исполнительных механизмов по каналам обратной связи. Примерами такой информации могут служить ошибки управления, такие как сведения об отклонении от заданного маршрута, проблемы с текущей работоспособностью робототехнической системы и состоянием датчиков технического зрения. Учитывая сложность поступающей информации и постоянные изменения ошибок управления, которые происходят при движении робота в условиях недостаточной информации об окружающем пространстве, данная информация должна обрабатываться базой знаний, которая на основе всей совокупности поступивших факторов примет решение о наиболее оптимальном алгоритме решения возникшей проблемы. Таким решением может являться как незначительная корректировка маршрута робота, так и его полное изменение, если в процессе работы были обнаружены условия, которые являются непреодолимым препятствием для достижения цели выбранными средствами. В этом случае, принимая во внимание вновь поступившую информацию, может быть произведен полный пересчет маршрута движения таким образом, который позволит достичь цели в свете обнаруженных обстоятельств в окружающей среде.

Таким образом, описанную робототехническую систему можно представить в виде, изображенном на рис. 1.

База знаний в каждый момент времени анализирует информацию о пространственном положении робота, о текущем состоянии его подсистем и успешности прохождения заданного маршрута. При поступлении новой информации об обнаруженном препятствии производится анализ серьезности данного препятствия, после чего принимается решение, будет ли являться предложенный ранее маршрут возможным и оптимальным, или системе потребуется пересчет маршрута и проведение каких-либо дополнительных действий.

Таким образом, компонент принятия решений совместно с базой знаний анализирует как априорно заданную информацию, например карту с известными препятствиями и дорогами, так и информацию,

которая поступает в систему непосредственно во время ее работы, например информацию об объектах, обнаруженных системой технического зрения.

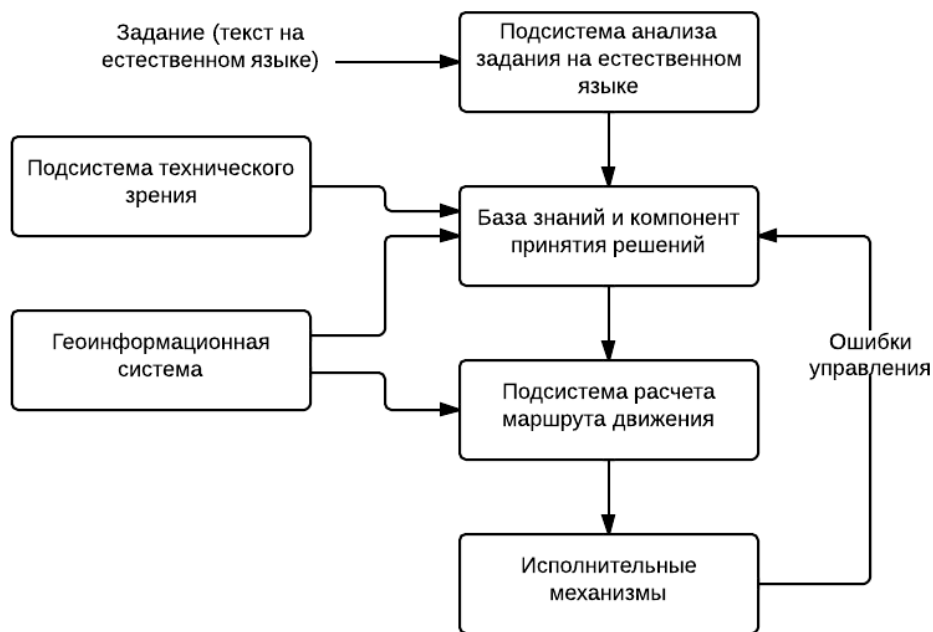


Рис. 1. Схема робототехнической системы

Поэтому для работы с данными задачами было принято решение использовать аппарат активных семантических сетей [4, 5]. В этом случае база знаний представляет собой некоторую модель мира, в котором позиционируется робот, отражаются его задачи и решаются проблемы, возникающие при его функционировании. Активная семантическая сеть позволяет описать как набор знаний, необходимых для принятия решений при столкновении с различными трудностями и препятствиями на маршруте, так и механизм принятия решений на основе данных знаний.

Общий вид активной семантической сети представлен на рис. 2. Датчики представляют собой реальные датчики или математически обработанную информацию, которая имеет вид численной величины, характеризующей текущее значение актуальности либо соответствие информации. Узлы – это объекты, которые содержат процедуру действия при их возбудимости; процедура может активировать заданный алгоритм обработки. Активирующие связи между узлами, обозначенные закрашенной стрелкой, усиливают возбудимость узла-приемника, деактивирующие связи, обозначенные белой стрелкой, ослабляют возбудимость узла-приемника.

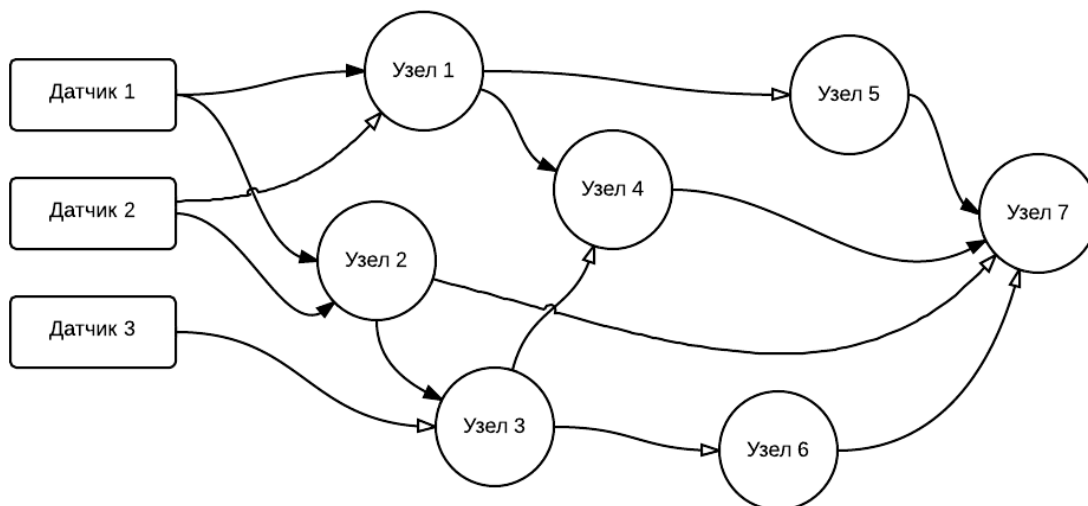


Рис. 2. Общий вид активной семантической сети

В заданную базу знаний, снабженную решателем, вносятся сведения о предметной области, об объектах окружающей среды, которые могут встретиться на пути движения робота, о возможных изменениях в состоянии платформы, а также о способах реакции на формализованные команды оператора. Результатом обучения является онтология с набором процедур, привязанных к конкретным узлам, которые активируются в ходе процесса вывода. В результате обработки поступающей информации система принимает решения о дальнейшем способе достижения поставленной цели. Например, если априорно задано, что робот находится в лесном массиве и система технического зрения сообщает о высоком цилиндре, обнаруженном на пути следования робота, решатель пометит данное место на карте как «дерево» и обозначит некоторый радиус, движение в котором приведет к столкновению. Анализ проблем, возникших с увеличением крутящего момента исполнительного механизма, который не связан с ускорением физического перемещения в пространстве, приведет к узлу базы знаний, в котором заключен вывод о том, что система попала в болотистую местность; активация данного узла в свою очередь активирует процедуру, которая дает указание системе как можно скорее скорректировать свой маршрут таким образом, чтобы покинуть болотистую местность.

Таким образом, на этапе работы достаточно поставить системе задачу, анализ которой будут производить собственно компоненты системы. Важным моментом является и то, что система поддержки обеспечивает оперативное информирование разработчиков системы

как о промежуточных, так и о конечных результатах предпринимаемых действий: при каждом запуске сети возможно проанализировать динамику активности сети и порождаемые решения, в результате чего появляется возможность анализировать механизм принятия решений с помощью базы знаний, улучшать его и постоянно контролировать процесс оптимизации.

### Библиографический список

1. Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В., Рахманов А.А. Задача адаптивного управления насосным оборудованием на основе интеллектуальных технологий // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 17–19.
2. About use of neural network models to evaluate the trainee's actions on training complexes complex systems / E. Dolgova, D. Kurushin, R. Fayzrahmanov, A. Gozhenko, V. Prokhorov, W. Zukow // Journal of Health Sciences. – 2012. – Т. 2. – № 6. – С. 055–063.
3. Щербатов И. Интеллектуальное управление робототехническими системами в условиях неопределенности // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2010. – № 1. – С. 73–77.
4. Автоматы и разумное поведение. Опыт моделирования / Н.М. Амосов, А.М. Касаткин, Л.М. Касаткина, С.А. Талаев. – Киев: Наукова думка, 1973. – 261 с.
5. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы / Амосов Н.М., Байдык Т.Н., Гольцев А.Д., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Кускуль Э.М., Рачковский Д.А.; под ред. Амосова Н.М.; АН УССР Ин-т кибернетики. – Киев: Наукова думка, 1991. – 272 с.

## **ПОГРЕШНОСТИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГНСС «ГЛОНАСС», И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

**Курсант факультета АСУ ПВИ ВВ МВД РФ Ю.В. Бельшева**

Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры АУВ ПВИ ВВ МВД России *А.В. Набатов*

Ухудшение геополитической обстановки в мире требует перехода от использования навигационных систем иностранного производства на системы отечественных разработок. Таковой системой является ГНСС «ГЛОНАСС», которая быстрыми темпами внедряется в систему вооружения внутренних войск МВД России. Но вместе с тем возникают и проблемы, в частности, отсутствие позиционирования в горной местности (иной раз и в городах) или возникающие при этом большие погрешности, которые делают систему просто бесполезной при определении местонахождения подразделения, военнослужащего. В статье будут рассмотрены вопросы, связанные с проблемами, возникающими при использовании ГНСС «ГЛОНАСС», описаны погрешности, влияющие на работу ГНСС «ГЛОНАСС», а также возможные способы уменьшения влияния данных погрешностей при использовании ГНСС «ГЛОНАСС».

Итак, система «ГЛОНАСС» (глобальная навигационная спутниковая система) предназначена для определения местоположения, скорости движения и точного времени морских, воздушных, сухопутных транспортных средств и других видов потребителей. Она разрабатывалась и внедрялась как система двойного назначения, в первую очередь для обеспечения национальной безопасности России, а также для решения гражданских научных и производственных задач.

Основу системы ГЛОНАСС составляют три сегмента [2]:

- 1) космический сегмент;
- 2) сегмент управления;
- 3) сегмент потребителей.

Космический сегмент включает 24 спутника основных и 5 резервных, излучающих непрерывные радионавигационные сигналы, которые формируют сплошное радионавигационное поле на поверхности Земли и в околоземном пространстве.

В системе ГЛОНАСС используются навигационные космические аппараты (НКА), вращающиеся по круговой геостационарной орбите на высоте ~ 19100 км. Период обращения спутника вокруг Земли равен в среднем 11 час 45 мин. Время эксплуатации спутника – 5 лет; за этот период параметры орбиты спутника не должны отличаться от номинальных значений более чем на 5 %.

Сегмент управления – наземная система управления, предназначенная для контроля функционирования, непосредственно управления и информационного обеспечения сети спутников.

Сегмент потребителя обеспечивает определение пространственных координат, вектора скорости, текущего времени и других навигационных параметров в результате приёма и обработки радиосигналов, принимаемых от спутника.

На сегодняшний день совокупное количество спутников «ГЛОНАСС» вполне достаточно для обеспечения устойчивого сигнала на всей территории страны и точного геопозиционирования объектов. Однако пользователи ГЛОНАСС-мониторинга по-прежнему отмечают нестабильность работы системы, периодическую утрату связи со спутниками и значительные погрешности в определении местоположения, они возникают по следующим причинам [1]:

1) из-за рельефа местности. В зависимости от рельефа местности погрешность геопозиционирования может составлять от 5 до 10 м и более. Горы, овраги, густая крона деревьев, резкие перепады высот – все это в той или иной степени влияет на устойчивость сигнала и точность определения координат;

2) плотная городская застройка. В крупных мегаполисах с плотной городской застройкой смещение координат может превышать сотни метров. Причина – множество высотных зданий и радиоволн, переотраженные сигналы со спутников и естественные барьеры. Самый слабый сигнал со спутников наблюдается в тоннелях, во дворах многоэтажек, особенно в так называемых «колодцах» и подземных парковках. С введением новых спутников ситуация будет выправляться и точность геопозиционирования достигнет 1,5–3 м. Пока же для мониторинга транспорта, большую часть времени проводящего в черте города, можно порекомендовать только более высокочувствительные трекеры на базе ГЛОНАСС и GPS-приемников;

3) качество самого приемника. Стоимость автомобильных ГЛОНАСС/GPS-трекеров различается в разы. От цены зависят



надежность, функциональность и чувствительность прибора. Последний показатель как раз и влияет на устойчивость спутникового сигнала и точность определения координат. Для городских условий требуются самые мощные устройства, с чувствительностью от  $-165$  дБм и выше, способные обеспечить стабильную связь даже в самом оживленном районе города.

Также на качество сигнала могут повлиять неблагоприятные погодные условия или погрешности при смене эфемерид. Однако потому как большинство современных трекеров работают на базе сразу двух платформ – ГЛОНАСС и GPS, большинство сбояв и ошибок в первом из них компенсируется устойчивой работой второго. И, наоборот, повышению точности ГЛОНАСС-приемника способствует использование навигационного ПО последнего поколения, которое отсекает резкие кратковременные скачки координат и корректирует расположение объекта на местности.

На сегодняшний день для обеспечения высокоточной навигации в условиях затруднения приема сигналов начали использовать наземное дополнение к системе «ГЛОНАСС» на основе псевдоспутников.

Сеть наземных псевдоспутников излучает сигнал, схожий по параметрам с сигналом GPS/ГЛОНАСС, который может быть принят обычным приемником GPS/ГЛОНАСС с минимальными программными модификациями.

Наземное функциональное дополнение позволяет:

- 1) увеличить точность позиционирования до 5–10 см за счет отсутствия у наземных станций эфемеридных и ионосферных погрешностей, а также за счет геометрически оптимального размещения псевдоспутников;
- 2) увеличить мощность сигнала, за счет чего многократно повысить устойчивость к РЭБ;
- 3) обеспечить навигацию внутри помещений;
- 4) обеспечить возможность работы с «длинными кодами» типа ВТ.

Для дополнительного повышения устойчивости сигналов псевдоспутника к внешним помехам могут быть использованы следующие методы:

- 1) увеличение длины псевдослучайной последовательности;
- 2) динамическое изменение кода;
- 3) скачки по частоте;

4) динамическое изменение мощности передатчика в зависимости от внешних условий;

5) управление лучом передатчика с помощью коммутируемых антенн или направленных антенн с механическим сканированием.

Проблема отсутствия позиционирования в горной местности, в крупных мегаполисах с плотной городской застройкой или возникающие большие погрешности до сих пор полностью не решены. В скором времени Россия приостановит работу наземных станций GPS, что приведет к еще более заметному увеличению погрешности получаемых потребителями данных. Помимо того, что данные смогут предоставляться с погрешностью до сотен метров, период так называемого холодного старта – времени до определения первых координат после включения устройства считается чуть больше, чем у GPS. Хотя российская система «ГЛОНАСС» способна полностью заменить GPS, если спутниковая группировка будет доведена до полного состава, и вся территория РФ будет охвачена ее сигналом. В настоящее время у «ГЛОНАСС» наиболее высокая точность на севере Европейской части России, на юге – немного хуже.

### **Библиографический список**

1. Перова А.И., Харисова В.Н. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
2. URL: <http://glonass-system.ru>

**Секция II**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

## **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Студенты гр. АТПП-11-16 Р.А. Погораздов, М.С. Гундарев,  
Н.И. Войтехов, О.П. Суханов, гр. ИН-11-16 Р.Н. Петухов  
гр. АУЦ-11-16 ПНИПУ С.В. Шелунцов, А.В. Глушко**  
Научные руководители: кандидаты техн. наук, доценты  
кафедры МСА ПНИПУ *Н.И. Хорошев и Д.К. Елтышев*

На текущий момент времени на предприятиях целлюлозно-бумажной отрасли является актуальной задача обеспечения непрерывности основных производственных процессов и повышения надёжности работы технологического оборудования. Для снижения времени плановых и аварийных простоев оборудования необходимо разработать и реализовать концепцию эффективного технического обслуживания и ремонт (ТОиР) измерительного оборудования, позволяющего получать оперативную информацию о состоянии технологических установок и о ходе технологических процессов в целом.

Существующие на предприятиях системы ТОиР, как правило, носят ситуационный характер и не позволяют планировать профилактические мероприятия и необходимые для их реализации ресурсы (трудовые, материальные и др.), а также своевременно осуществлять проверку, отладку и замену оборудования, исходя из его фактического технического состояния. Кроме того, отсутствует единое хранилище данных, обеспечивающее ведение справочников по оборудованию, учет сроков его эксплуатации и интервалов проверки, формирование план-графиков работ по ТОиР и получение доступа к необходимой информации различными службами (отделами) предприятия.

Решением проблем, описанных выше, может стать комплексная система технического обслуживания и ремонта, основанная на принципах:

- 1) единого хранилища данных об обслуживании;
- 2) постоянного контроля состояния оборудования;
- 3) планирования мероприятий по обслуживанию (ремонт, проверка, замена), планирования необходимых ресурсов (трудовых, материальных) на основе:

- комплексной оценки состояния оборудования;
- прогнозов состояния оборудования;
- учета приоритетов обслуживания (отдельных единиц оборудования или участков производства) и допустимых рисков;
- 4) учета условий эксплуатации при прогнозировании состояния оборудования;
- 5) оформления системы в программном виде с эффективным для работы интерфейсом
- б) учета необходимого в процессах обслуживания персонала

### **Описание алгоритмов, применяемых в системе**

1. *Методы прогнозирования состояния оборудования с учетом условий.* Любое измерительное оборудование, применяющееся на производстве, имеет ряд показателей, определяющих его общее техническое состояние. Данные показатели снимаются специалистами КИПиА в процессе проверок, происходящих через определенные интервалы времени.

На основе получаемых данных можно создать статистическую базу данных, в которой будут записаны изменения нужных показателей технического состояния оборудования. На основе этих данных можно провести анализ и применить метод статистического прогнозирования, который позволит спрогнозировать состояние нужных технических показателей оборудования. Также прогноз должен опираться на информацию об условиях эксплуатации. Данные о влиянии условий эксплуатации указываются в техническом паспорте и прогноз должен корректироваться на величину влияния условий на параметры оборудования.

Данный подход, основанный на прогнозе состояния параметров, эффективен тем, что можно с необходимой точностью (за исключением отдельных случаев) знать, когда и какое оборудование выйдет из строя и подлежит замене (заранее запланировать покупку замены) и когда и в какие сроки оно будет иметь нужные показатели состояния (например, при необходимости поддержания на производстве состояния оборудования не ниже заданного значения).

2. *Контроль состояния оборудования.* В современных системах ТОиР одним из основных условий эффективности является наличие данных о текущем состоянии оборудования.

В процессе проверок и ремонтов данные о состоянии заносятся специалистами в журналы по обслуживанию. При планировании

обслуживающих мероприятий и расчетов необходимых ресурсов необходима актуальная информация о текущем состоянии оборудования. Для получения этой информации отдел ТОиР обращается к журналам обслуживания, но не всегда эффективно и удобно пользоваться бумажными вариантами многочисленных журналов. Решение данной проблемы лежит в применении специально разработанной программы и структурированной единой базы данных. Это позволит эффективно вводить, обрабатывать и получать необходимый объем данных.

Как было изложено выше, состояние любого оборудования можно описать набором значений параметров, которые определяются при проверке. Следить за всеми параметрами, чтобы оценивать состояние оборудования, весьма проблематично, так как число единиц оборудования на предприятии достигает сотен и тысяч. Поэтому эффективным решением будет ввести систему коэффициентов состояния для каждой единицы оборудования. На основе параметров, по которым определяется состояние оборудования, через математический алгоритм создается единый коэффициент (простое число), по которому без обращения к параметрам можно быстро определить текущее состояние оборудования (на момент последней проверки).

Параметры оборудования	Общий коэффициент состояния
A	X
B	
C	

Оборудование, применяющееся на производстве, может иметь разное состояние. Иногда некоторые участки производства изношены больше, чем другие, и требуют большего внимания. Оценить, какие участки производства имеют наиболее худшее состояние, позволит все также применение системы коэффициентов. При наличии коэффициентов состояния каждой единицы оборудования на определенном участке можно свести все эти коэффициенты в один, который будет описывать состояние данного участка.

Коэффициенты состояния единиц оборудования на участке производства	Общий коэффициент состояния определенного участка производства
X1	XX
X2	
X3	

Использование данной системы коэффициентов позволит не только быстро оценивать текущее состояние определенных единиц оборудования, но и целых участков, цехов и т.д. Данный подход позволит наиболее эффективно распределять обслуживающие ресурсы и направлять их на наиболее проблемные участки.

*3. Приоритеты обслуживания.* Разное оборудование имеет разные степени влияния на исправность, безопасность технологических процессов на предприятии. На основе этого имеет смысл в процессе обслуживания уделять в первую очередь внимание наиболее критичному оборудованию. Для осуществления такого подхода необходимо придать каждой единице оборудования степень приоритета. Данная степень приоритета при планировании позволит направить мероприятия по обслуживанию на наиболее важные участки, а потом по мере возможности перейти к менее приоритетным. Степень приоритета определяется на основе комплексной оценки специалистов или на основе данных о конкретном оборудовании и его важности.

*4. Расчет количества необходимого персонала в процессах обслуживания.* На основе комплексной оценки и прогноза состояния оборудования формируется план мероприятий по обслуживанию оборудования. План мероприятий представляет собой список необходимых работ, которые нужно выполнить персоналу. На основе плана работ и имеющегося справочника затрат человеко-часов на их выполнение можно вычислить, сколько нужно персонала на разные периоды времени. Это позволит найти необходимое количество единиц персонала, который будет эффективно выполнять обслуживающие операции.

*5. Представление системы в программном виде.* Система ТОиР, основанная на данных решениях, слишком громоздка, чтобы вести ее в бумажном виде и использовать человеческие ресурсы специалистов для просчета всех параметров и условий. Поэтому более эффективным будет оформить алгоритмы системы в программном виде.

Интерфейс программы ТОиР должен быть максимально понятным и визуализированным для пользователя (специалиста КИПиА), чтобы повысить эффективность использования системы и исключить ошибки, которые может допустить специалист. Для этого следует использовать графические элементы (графики, диаграммы), цветовые выделения для обозначения приоритетных показателей и мероприятий, числовые таблицы с коэффициентами состояния и системой координат положения оборудования и участков.

Программа может быть установлена на разных участках производства для удобства обслуживания, но необходимо создать локальную сеть между компьютерами для полного сбора данных, составления комплексных планов обслуживания и отчетов по состоянию оборудования и участков.

*В заключение* можно сказать, что основными результатами внедрения комплексной системы технического обслуживания и ремонта на промышленном предприятии будут:

- 1) снижение затрат на обслуживание;
- 2) уменьшение простоев на обслуживание производства, а также устранение случаев незапланированных простоев;
- 3) прозрачность и обоснованность затрат на обслуживание;
- 4) актуальная информация о текущем состоянии оборудования на производстве;
- 5) более детальное и точное планирование обслуживающих мероприятий;
- 6) эффективное использование персонала в обслуживающих мероприятиях.



## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНОВАНИЯ ОБРАЗОВ**

**Студенты гр. ИН-116 ПНИПУ И.А. Спирин,  
гр. АТПП-116 Н.Р. Мубаракзянов, Ф.Н. Баянов,  
гр. АУЦ-116 ПНИПУ С.Н. Каменских**  
Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры МСА ПНИПУ *Д.А. Даденков*

На отечественных целлюлозно-бумажных комбинатах осуществляют контроль качества бумаги. Основными показателями качества являются: масса, плотность, гладкость, белизна, непрозрачность, сорность и пластичность [3]. Чаще всего контроль качества по этим показателям проводят вручную лаборанты, тем самым делая процесс изготовления бумаги долговременным и трудоемким. Несвоевременное выявление брака может способствовать появлению не соответствующей нормам бумаги, что делает процесс изготовления бумаги неэффективным. Чтобы устранить эти недостатки, предлагается разработать и внедрить автоматизированную систему контроля качества, которая будет вычислять ряд показателей и на выходе выдавать готовые результаты показателей для сравнения их с ГОСТом.

Для данной системы полностью рассмотрен такой показатель, как сорность, который показывает количество соринок в различных диапазонах площади на 1 м<sup>2</sup> газетной бумаги. Соринка – это постороннее включение, заметно отличающееся контрастирующей светонепроницаемостью или цветом от фона и имеющее площадь не менее 0,06 мм, например, соринка волокнистого происхождения (частицы лубяного слоя, коры, сучка, костры, шерстяное и синтетическое волокно), металлическое, минеральное постороннее включение (уголь, песчинка и др.), органическое постороннее включение (смола, парафин, резина и др.). В стандартном методе сорность определяют, подсчитывая количество соринок в образце вручную. Площадь каждой соринки определяют, накладывая на неё шаблон, т.е. лист из прозрачного материала, на который нанесены фигуры различных площадей и конфигураций. Но для данного метода характерны трудоёмкость, большая продолжительность и заметная погрешность [1].

Автоматизированная система контроля качества представляет собой аппаратный комплекс с интеллектуальной системой распознавания соринки. Аппаратный комплекс состоит из сканера высокой точности и персонального компьютера. Интеллектуальная система распознавания – это программа, написанная в среде разработки *LabVIEW*. В данной системе сканируется проба бумаги, взятая с бумагоделательной машины. Полученный файл формата *jpeg* с изображением образца загружается в программу. Программа состоит из нескольких элементарных блоков, опишем их и раскроем суть более подробно.

На первом этапе указываются адрес картинки, программа загружает и выводит её на экран. Далее указываются линейные размеры в сантиметрах, а программа автоматически высчитывает плотность пикселей по формуле (1),

$$\rho = \frac{ab}{S_{\text{pix}}}, \quad (1)$$

где  $a$  – ширина,  $b$  – длина,  $S_{\text{pix}}$  – количество пикселей.

На втором этапе программа выделяет непосредственно сам образец газетной бумаги на загруженной картинке и обрезает оставшуюся часть, так как она не нужна для дальнейшей работы. Второй этап представлен на рис. 1.

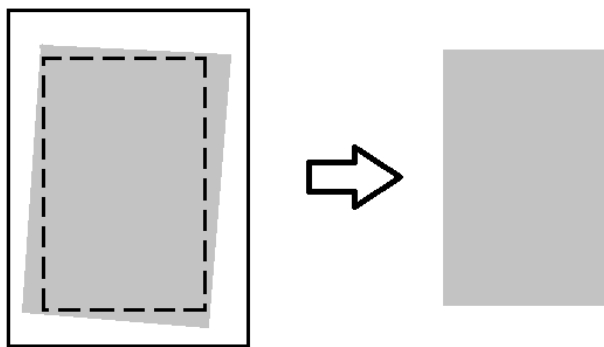


Рис. 1. Выделение образца бумаги

На третьем этапе идентифицируются соринки путем наложения нескольких цветокорректирующих фильтров, для более четкой контрастности между бумагой и соринкой.

На четвертом и конечном этапе каждой соринке присваиваем свой порядковый номер и определяем её соответствующую площадь. После чего происходят сортировка соринки по площади в соответствии с ГОСТ 13525.4-68 и вывод этих сводных данных на экран.

Все этапы представлены в схеме блоков реализации на рис. 2.

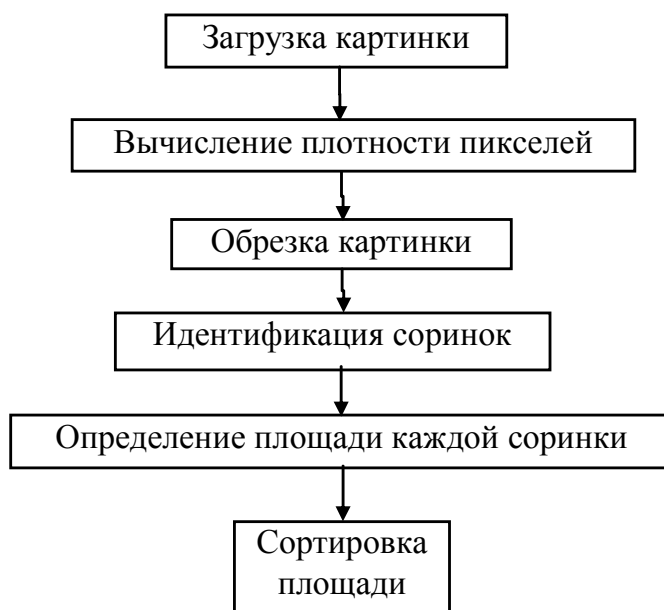


Рис. 2. Схема блоков реализации

Исходя из данной проблемы, был сделан патентный поиск, в результате которого был обнаружен один патент советских времен. Данный патент был выдан на устройство для определения сорности белых и слабоокрашенных листов материалов, но данное решение не прижилось на целлюлозно-бумажных предприятиях из-за своей сложности и неэффективности [2]. Определение сорности важно в целлюлозно-бумажной промышленности, так как свойства бумаги влияют на качество печати. Шероховатость (гладкость) – весьма важный фактор, от которого зависят печатные свойства бумаги. Чем больше сорность бумаги, тем больше шероховатость. В основном эффективная гладкость бумаги обуславливается ее микрорельефом, так как макронеровности подавляются в процессе печатания. Это, разумеется, не относится к грубым механическим включениям, которые не сглаживаются при печатании даже в случае очень сильного давления печати. Поэтому повышенная сорность бумаги не допускается. Если величина сорности бумаги выходит за пределы норм, предусмотренных техническими требованиями для соответствующего вида бумаги, невозможно употребление бумаги по целевому назначению или же затрудняется её использование потребителями, то бумагу бракуют, а отрицательные её свойства именуют дефектами [4, 5].

В заключение добавим, что автоматизированная система контроля качества на основе методов распознавания образов еще не доведена

до конца. В дальнейшем необходимо сделать программу более функциональной, чтобы она могла автоматически определять не только сорность, но и другие показатели, например, такие как белизна, непрозрачность и другие. И в случае отклонения их от нормы выдавать предполагаемые решения по их устранению, тем самым ведя статистику контроля качества.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 13525.4-68. Стандартное определение сорности.
2. Findpatent [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru>
3. Флягге Д.М. Свойства бумаги. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 680 с.
4. Стефанов С. Этот удивительный материал – бумага // КомпьюАрт. – 2002. – № 10.
5. Буйлов Г.П. Автоматизация оборудования целлюлозно-бумажного производства: учеб. пособие по дипломному проектированию. – СПб., 2009. – 167 с.

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ РАБОТЫ СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ ДОКУМЕНТООБОРОТОМ «КАРТОЧКА РАЗРЕШЕНИЯ» НА ОАО «ПЕРМСКИЙ ЗАВОД “МАШИНОСТРОИТЕЛЬ”»**

**Инженер-программист отдела УИТ ОАО «ПЗ “Маш”»**

**Д.И. Ахметзянов**

Научный руководитель – заместитель начальника отдела  
УИТ ОАО «ПЗ “Маш”» *В.Д. Деревянкина*

Для принятия точных, обоснованных и эффективных решений в производственной деятельности современный инженер-программист должен уметь с помощью вычислительной техники и средств компьютерной коммуникации получать, накапливать, хранить и обрабатывать данные, демонстрируя результат своей деятельности в виде наглядных проектных решений. В 2012 г. Министерство обороны Российской Федерации – один из главных заказчиков производственного предприятия ОАО «ПЗ “Маш”» – установил новые нормативы по формированию и учету производственных систем планирования, по выявлению и устранению причин отклонений изделий и ДСЕ.

Система планирования специализированного документооборота по выявлению и устранению причин отклонений изделий и ДСЕ – совокупность специализированных документов: технологических паспортов, журналов учета, карт дефекта, актов о браке, технологических указаний, актов миссии, машинограмм учета дефектов и прочих документов, которые тесно взаимосвязаны друг с другом. Каждый документ формируется по особому алгоритму и несет свою индивидуальную важность.

В связи с новыми рекомендациями МО РФ ОУК ОАО «ПЗ “Маш”» разработал новый СТП 1313-2012 взамен СТП 1313-2002. После года работы со СТД в рамках нового СТП было решено автоматизировать процесс формирования и учета КР (часть общей системы планирования), так как данный технологический процесс несет ряд сложных особенностей и потенциальных проблемных факторов [1–3].

Особенности СТД КР:

- в процессе формирования КР инженер-технолог ОУК сталкивается с большим потоком информационных данных;
- документ имеет громоздкий формат А3 и большое количество полей для заполнения;
- документ формируется должностным лицом ОУК полностью вручную;

– инженер-технолог ОУК в процессе формирования КР должен держать в голове большое количество ГОСТов и СТП и прочей сопроводительной документации.

Потенциальные проблемные ситуации:

– в процессе формирования КР присутствует риск ошибочного формирования документа (человеческих фактор);

– процесс согласования осложнен тем, что документ необходимо согласовывать также вручную, КР необходимо пройти большое количество подписантов: 18 человек, начиная от мастера цеха и заканчивая главным инженером или генеральным директором завода.

Все вышеупомянутые особенности и потенциальные проблемные ситуацию существенно усложняют утверждение и выпуск решающего документа.

Исходными данными для разработки АРМ «СТД КР» являются:

- ТЗ на разработку АРМ «СТД КР»;
- СТП 1313-2012.

В процессе наблюдения за работой инженеров-технологов ОУК, изучения ТЗ и СТП, а также прочих сопроводительных документов была разработана информационная модель автоматизации СТДК КР (рис. 1).

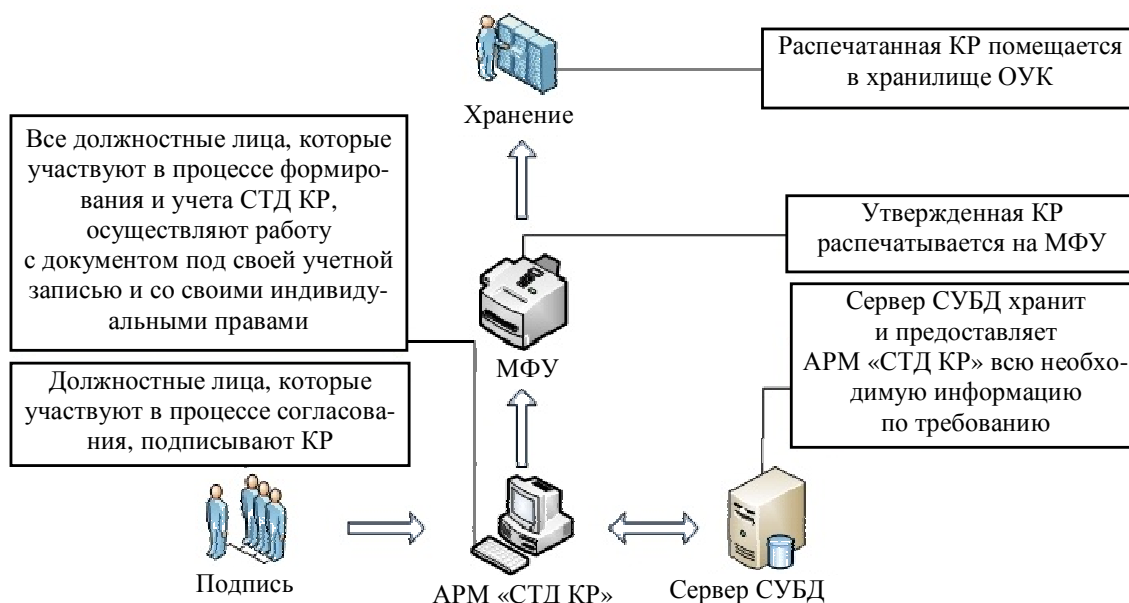


Рис. 1. Информационная модель автоматизированного СТД КР

Для реализации задачи, исходя из ТЗ, были выбраны СУБД *Oracle* и язык программирования *Delphi*.

При всех плюсах использования АРМ нельзя не отметить тот факт, что максимальная эффективность при работе со СТД КР будет

достигнута только тогда, когда будет достигнута возможность обеспечить одновременную работу нескольких инженеров-технологов ОУК с едиными данными. Именно поэтому АРМ «СТД КР» выполнена на архитектуре клиент-сервер с помощью систем БД (рис. 2).

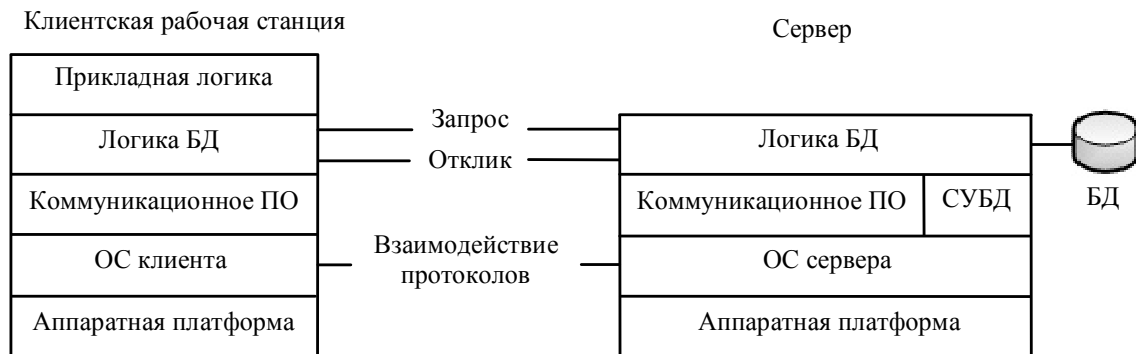


Рис. 2. Архитектура клиент-сервер для БД

Система представляет собой связку клиентской рабочей станции с сервером СУБД. С помощью взаимодействия программных модулей (рис. 3) пользователь сможет просматривать, добавлять, изменять и удалять данные в процессе работы со СТД КР.



Рис. 3. Взаимодействие программных модулей в АРМ «СТД КР»

БД выступает хранилищем информации. Сама БД хранится и обрабатывается с помощью специализированного ПО, которое называется сервером БД. Сервер БД обслуживает БД и отвечает за целостность и сохранность данных, а также обеспечивает операции ввода-вывода при доступе клиентского ПО к информации.

Визуальный интерфейс программы максимально приближен к оригинальному виду КР, любой инженер-технолог, который уже имел дело с формированием разрешающего документа, с легкостью может освоить работу в АРМ «СТД КР».

Для автоматизации процесса согласования (подпись КР) в АРМ «СТД КР» интегрировано аппаратное устройство: контрольный считыватель *Sphinx Reader EH*. Контрольный считыватель предназначен для работы с чипами форматов НІD и EM-Marine. На ОАО «ПЗ “Маш”» используются чипы формата *EM-Marine*. Для согласования документа любому подписанту достаточно поднести свой чип к контрольному считывателю, устройство сканирует его уникальный шифр и отправит информацию в АРМ, а ПО уже согласует разрешающий документ.

АРМ «СТД КР» представлено в двух видах: для работы инженеров-технологов ОУК и для должностных лиц, которые согласуют КР (рис. 4).

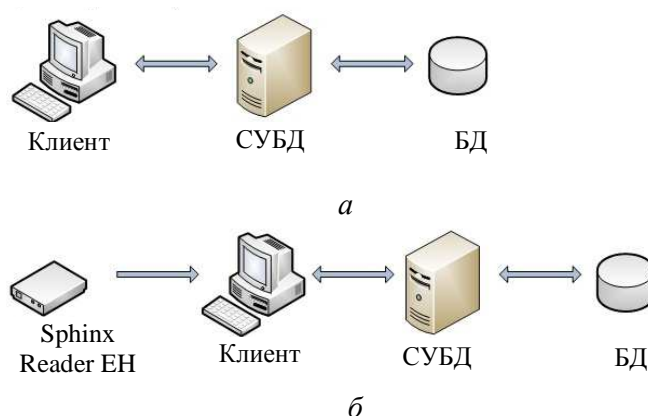


Рис. 4. Виды АРМ «СТД КР»:  
*a* – АРМ «СТД КР» инженера-технолога ОУК;  
*б* – АРМ «СТД КР» согласующего КР

На сегодняшний день проект «АРМ «СТД КР» находится на стадии тестирования и внедрения в технологических процесс по формированию и учету СТД КР.

### Библиографический список

1. Архангельский А.Я. Delphi 7: справочное пособие. – М.: Бином-Пресс. – 2004. – 1024 с.
2. Грабер М. SQL для простых смертных. – М.: Лори, 2008. – 379 с.
3. Малыхина М.П. Базы данных: основы, проектирование и использование: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 517 с.



# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Студенты гр. АТПП-12м ПНИПУ А.А. Каверин,  
АТПП-13м ПНИПУ Д.Н. Черемных

Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры МСА ПНИПУ Д.А. Даденков

Учебно-экспериментальная установка [1], разработанная на кафедре микропроцессорных средств автоматизации, моделирующая участок технологического процесса целлюлозно-бумажного производства, может быть использована как в экспериментальных исследованиях с целью настройки и оптимизации систем автоматического управления, так и в учебном процессе при организации лабораторных работ (рис. 1).

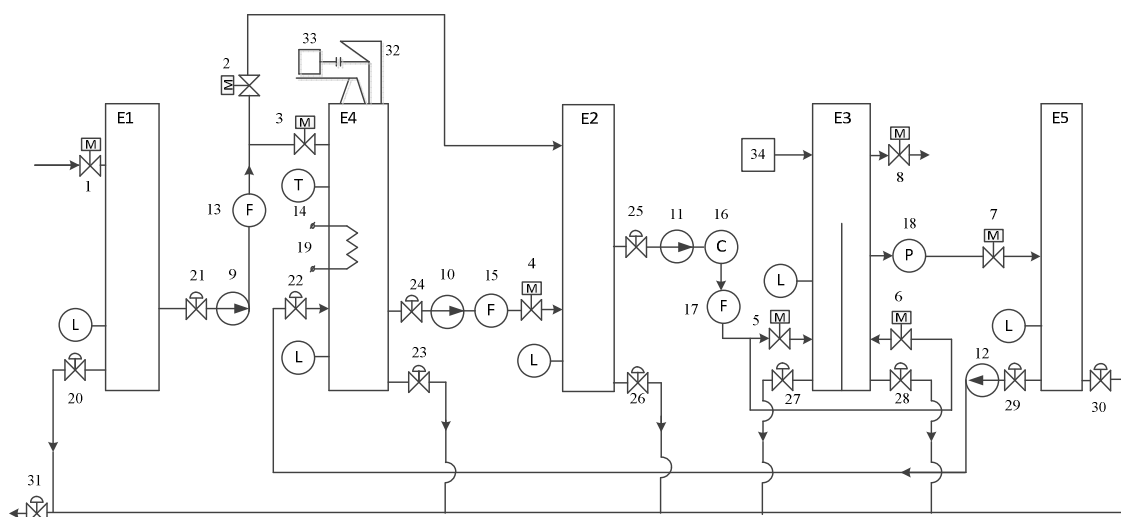


Рис. 1. Функциональная схема лабораторной установки

Одним из важнейших параметров реального технологического процесса подготовки бумажной массы является концентрация [2]. В условиях лабораторного стенда бумажная масса имитируется специальным раствором, концентрация которого должна всегда находиться в требуемых границах, независимо от процессов, протекающих перед напорным ящиком. Конструктивно установка состоит из пяти емкостей, последовательно соединённых системой трубопроводов, имитирующих технологические бассейны реального технологического участка подготовки бумажной массы.

В процессе поддержания заданной концентрации перед напорным ящиком участвуют контуры подачи реагента, подачи концентрированного раствора и подачи свежей воды. Контур подачи реагента осуществляет непрерывную подачу реагента, пока расчетная концентрация в емкости E4 не будет равна требуемой. Данный контур используется в паре с контуром поддержания уровня в емкости E4. Регулирование поддержания уровня осуществляется при помощи изменения величины открытия клапана. В результате к заданному уровню концентрированного раствора добавляется реагент для регулирования концентрации. В емкости E2 осуществляется непосредственная подготовка раствора требуемой концентрации перед напорным ящиком. Происходит наполнение емкости чистой водой до требуемой величины, а после осуществляется добавление концентрированного раствора. В результате смешивания получается раствор меньшей концентрации, которая требуется для технологического процесс в напорном ящике.

Регулирование подачи концентрированного раствора в емкость E2 осуществляется при помощи нечеткого регулятора [3]. На рис. 2 представлен фрагмент имитационной модели системы регулирования концентрации с нечётким регулятором, реализованной в имитационного среде моделирования *Matlab/Simulink* [4].

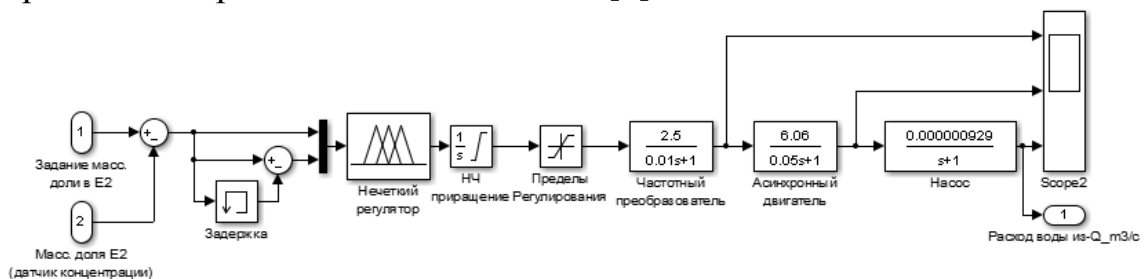


Рис. 2. Контур регулирования концентрации

Нечеткий регулятор выполняет регулирование на основе величины ошибки между заданной и действительной массовыми долями раствора, а также на основании скорости изменения ошибки. Выходной величиной регулятора является приращение сигнала задания тока на частотный преобразователь.

Результаты моделирования работы контура регулирования концентрации показаны на рис. 3. На 3000-, 5000-, 8000-, 9000-й секундах моделирования задавались различные изменения величины расхода раствора, поступающего в напорный ящик. В результате возмущаю-

щих воздействий присутствует 5%-ное перерегулирование при резком изменении величины расхода раствора, поступающего в напорный ящик [5]. Статическая ошибка регулирования составляет около 2 %.

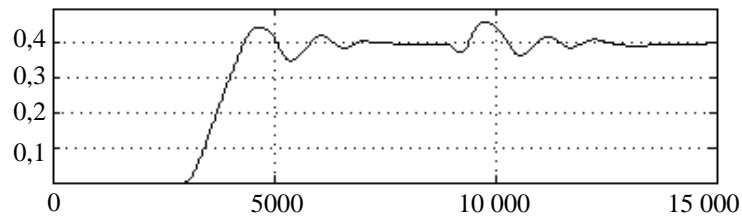


Рис. 3. Результат регулирования концентрации раствора, выраженной в массовых долях

На рис. 4 изображены термы для определения входных и выходных величин регулятора.

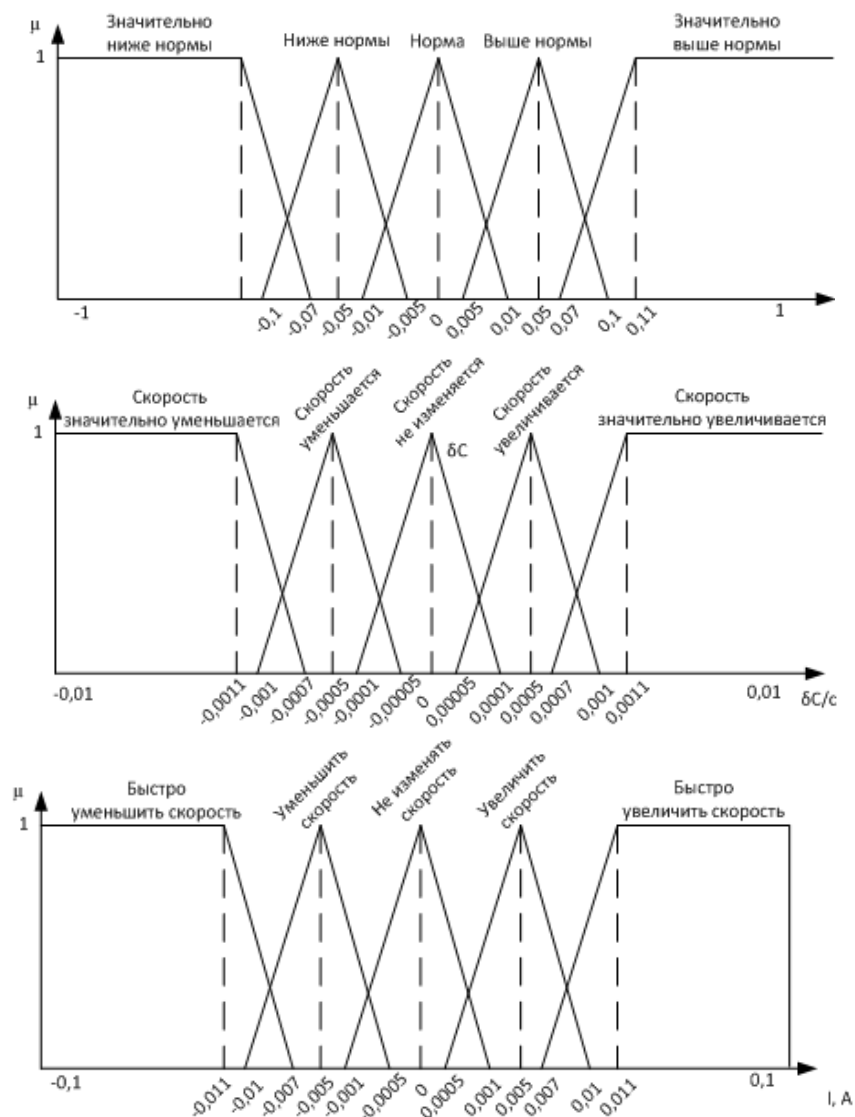


Рис. 4. Графическое представление термов

В таблице представлена нечеткая база правил для регулятора, позволяющая связывать между собой лингвистические переменные входных и выходной величин.

База нечётких правил регулятора

Приращение тока задания частоты вращения		Скорость изменения ошибки				
		СильноРастет	Растет	Не изменяется	Падает	СильноПадает
Ошибка между заданной и действительной величиной	МногоБольше	СильноУвеличить	СильноУвеличить	Увеличить	Увеличить	Не изменять
	Больше	СильноУвеличить	Увеличить	Увеличить	Не изменять	Уменьшить
	Норма	СильноУвеличить	Увеличить	Не изменять	Уменьшить	СильноУменьшить
	Меньше	СильноУменьшить	Уменьшить	Уменьшить	Не изменять	Увеличить
	МногоМеньше	СильноУменьшить	СильноУменьшить	Уменьшить	Уменьшить	Не изменять

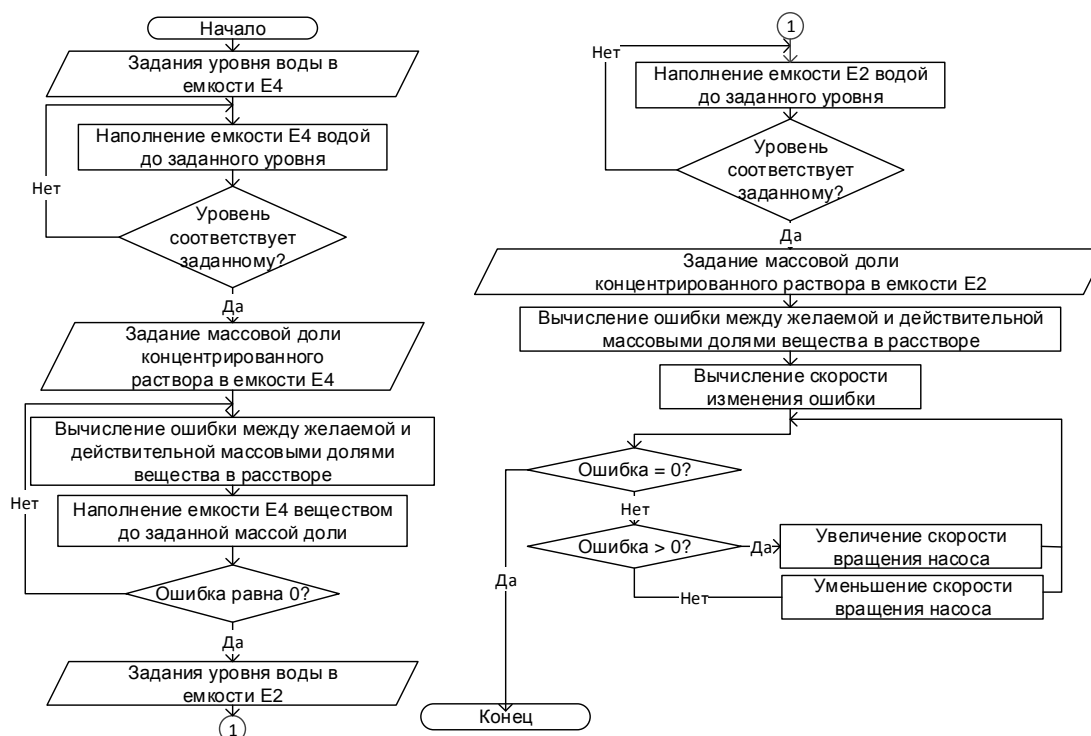


Рис. 5. Алгоритм поддержания требуемой концентрации

В результате проведенных исследований получена имитационная модель системы регулирования концентрации с нечетким регулятором, который выполняет процесс регулирования с заданными показателями качества. Локальные контуры, участвующие в процессе регулирования, настроены таким образом, что могут работать независимо друг от друга, что позволяет изменять различные уставки и параметры технологического процесса.

На рис. 5 представлен алгоритм поддержания требуемой концентрации перед напорным ящиком. Данный алгоритм позволяет разбить подготовку раствора на независимые контуры и оптимально регулировать концентрацию.

## Библиографический список

1. Разработка экспериментальной установки имитации работы контуров регулирования технологических процессов производства бумаги предприятия ООО «Пермский картон» / Д.А. Даденков, Л.В. Поносова, А.Б. Петроченков, И.Г. Друзьякин, А.Г. Лейсле // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: материалы III Междунар. науч.-техн. интернет-конф. – Пермь, 2009.
2. Технологический регламент № 21-5. Производство бумаги для гофрирования и картона для плоских слоёв гофрированного картона / ООО «Пермский картон». – Пермь, 2009.
3. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БВХ-Петербург, 2011. – 416 с.
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab. – М.: Телеком, 2007. – 288 с.
5. Разработка системы управления напорным ящиком учебно-экспериментальной установки целлюлозно-бумажного производства / Д.А. Даденков, Л.В. Поносова, А.П. Честиков, А.Б. Петроченков // Научные исследования и инновации. – 2012. – № 1–4. – С. 165–174.

## ПРОИЗВОДСТВО МЕДНОЙ И АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОВОЛОКИ НА ООО «КАМСКИЙ КАБЕЛЬ»

**Студентка гр. КТЭИ-09 ПНИПУ Э.З. Шамсутдинова**  
Научный руководитель – доцент кафедры КТЭ ПНИПУ *Т.В. Костыгова*

Волоочильные цеха являются основными в производстве кабельных изделий, без них не могут существовать кабельные заводы.

Волочение – это способ обработки металла давлением, заключающийся в уменьшении поперечного сечения металла путем протягивания его через отверстие переменного сечения специального инструмента, причем сечение этого отверстия всегда уменьшается в направлении протягивания металла [1, 2].

Заготовка, проходя через инструмент, называемый волокой, деформируется и принимает после выхода из волоки форму и размеры наименьшего сечения канала. Длина изделия при этом увеличивается пропорционально уменьшению поперечного сечения.

Устройства, на которых осуществляется волочение при помощи одной или нескольких волок и тяговых механизмов, называются волоочильными машинами.

Волоочильные машины могут быть однократного (одна волока) и многократного волочения (проволока протягивается одновременно через несколько ~25 последовательно расположенных волок). Протягивание проволоки через волоки осуществляется с помощью тяговых барабанов (роликов), создающих силу волочения за счет трения, возникающего между поверхностью проволоки и поверхностью роликов. По мере прохождения волок диаметр проволоки уменьшается, а скорость ее движения возрастает.

Волоочильные машины многократного волочения делятся на два основных типа:

- 1) без скольжения,
- 2) со скольжением.

По размерам протягиваемой проволоки волоочильные машины делятся на следующие классы:

1. Машины тяжелого волочения (фасонная проволока сечением до  $300 \text{ мм}^2$  и круглая диаметром больше 4,0 мм);
2. Машины грубого волочения (диаметр 1,0 ... 4,5 мм);
3. Машины среднего волочения (диаметр 0,3 ... 1,25 мм);
4. Машины тонкого волочения (диаметр 0,15 ... 0,4 мм);

## 5. Машины тончайшего волочения (диаметр < 0,15 мм).

Для волочения проволоки применяются в основном монолитные волокни. Основным материалом для производства волок являются металлокерамические сплавы, естественные и искусственные алмазы, некоторые марки стали.

Одной из важнейших операций, применяемых при волочении, является отжиг. За счет деформаций при волочении структура и пластические свойства металла изменяются, возникает его упрочнение, или «наклеп», зерна металла измельчаются, вытягиваются в направлении волочения, то есть образуется текстура. При достижении определенной степени деформации металл теряет пластичность, и волочение его становится невозможным. Одновременно снижается электропроводность металла. Снятие «наклепа» и получение мягкой проволоки производится отжигом, представляющим собой термическую обработку металла, заключающуюся в нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре в течение заданного времени и последующем охлаждении до комнатной температуры.

Рассчитана потребность в оборудовании для волочильного цеха с выпуском медной проволоки 30 500 т, алюминиевой 5500 т, скрутки медной ТПЖ 70 000 км. Грубое волочение происходит на машинах MSM85, среднее и тонкое волочение – на MMH121, скрутка медной ТПЖ – на D801. Технические характеристики машин представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Характеристики оборудования

Наименование оборудования	MSM 85	MMH121	D801
Страна-изготовитель, фирма	Германия, NIEHOFF	Германия, NIEHOFF	Германия, NIEHOFF
Материал проволоки	медь	медь	медь
Диаметр готовой проволоки макс. мин.	4,5 1	0,3 0,15	0,32 0,77
Скорость волочения, м/с	36	35	7
Установленная мощность, кВт	290	160	80
Габариты, м	26,20×12,30	13,9×6,8	15,3×2,6
Стоимость, тыс. руб	21 608	21 000	680

Операция грубого волочения меди совмещена с отжигом.

Технологическая цепочка изготовления медной и алюминиевой проволоки представлена на рис. 1. Были рассчитаны маршруты волок и технологические режимы волочения и скрутки ТПЖ.

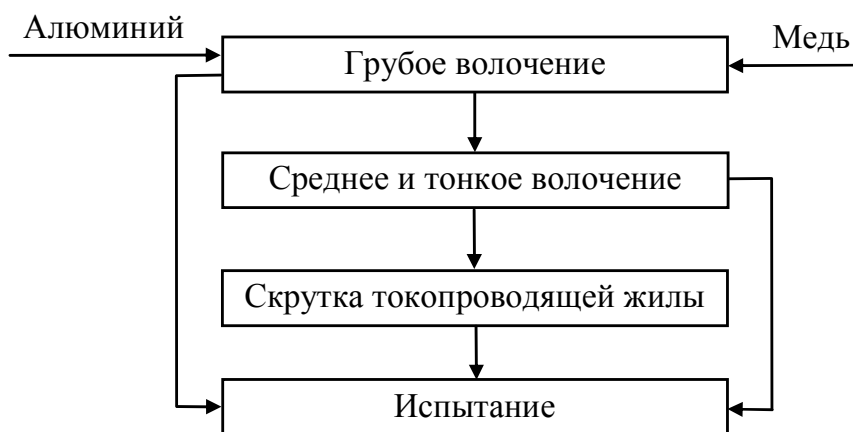


Рис. 1. Блок-схема последовательности технологических операций

Медь и алюминий поступают на завод в виде катанки, медь – 8 мм, алюминий – 9 мм. Для данного выпуска было определено необходимое количество волочильных агрегатов и тары. Данные по расчету необходимого количества оборудования приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Количество оборудования

Оборудование	Выпуск	Количество оборудования		Коэффициент загрузки оборудования
		Расчетное	Принятое	
MSM85 медь	30 500 т	3,33	4	0,83
MSM85 алюминий	5500 т	3,48	4	0,87
ММН 121	10 500 т	0,83	1	0,83
D801	70 000 км	1,92	2	0,96

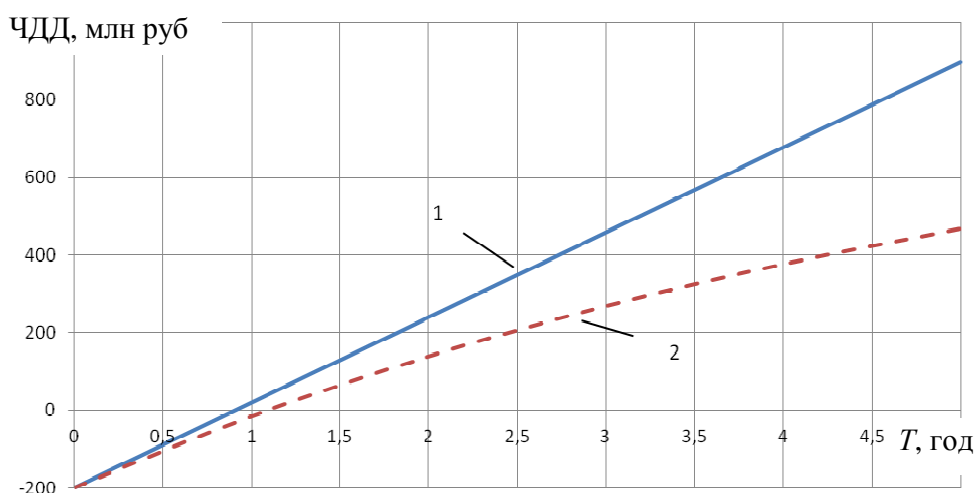


Рис. 2. Финансовый профиль проекта: 1 – дополнительная прибыль без дисконтирования; 2 – дополнительная прибыль с дисконтированием



Были произведены расчет потребных площадей для производственных целей, расчет необходимого количества персонала для работы в цехе и заработной платы. Также были рассчитаны необходимые технико-экономические показатели и себестоимость изделия (рис. 2). Была произведена оценка финансового профиля проекта, срок окупаемости проекта составляет 1 год 1 месяц.

### **Библиографический список**

1. Троицкий И.Д. Производство кабельных изделий. – М.: Высшая школа, 1988. – 240 с.
2. Берин И.Ш. Производство медной и алюминиевой проволоки. – М.: Metallurgia, 1975. – 200 с.

## ЭНЕРГОМОНИТОРИНГ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Студент гр. АТПП-10 ПНИПУ С.А. Артемов**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ *А.В. Кычкин*

Основной целью автоматизации является исключение человека из технологического процесса с целью увеличения производительности, улучшения качества продукции и рентабельности производства. Все это сводится к экономии ресурсов предприятия, а именно сырьевых, энергетических и экономических. На этом же уровне наиболее ощутимы неоправданные затраты ресурсов предприятия, возникшие от неправильных или неэффективных действий работника.

Для обеспечения контроля потребления и выработки верных управленческих решений необходимы системы сбора, хранения, передачи, обработки и отображения статистических данных. Все эти системы объединяет одна – система энергомониторинга. На основе данных энергомониторинга можно судить о расходе ресурсов в удельном эквиваленте, сравнивать показатели расхода между одинаковыми объектами или определенными нормами, выявлять, например, неисправности или неправильную настройку оборудования. Кроме того, на основе данных о расходе ресурсов можно вырабатывать решения по замене неэффективных частей объекта [1–2].

На сегодняшний день вопрос энергомониторинга и энергосбережения в общественном транспорте остро поднялся пока в организации-перевозчике «Пермгорэлектротранс» – это весь электротранспорт г. Перми. В рамках соглашения кафедры МСА с «Пермгорэлектротранс» необходимо разработать систему энергомониторинга для электрифицированного транспорта.

На рис. 1 изображена блок-схема системы энергомониторинга трамвая. Система состоит из комплекса датчиков температуры, напряжения и тока, а также датчика скорости.

Датчики температуры предназначены для отслеживания температуры агрегатов объекта и ввода поправочных коэффициентов. Кроме того, датчик температуры воздуха в салоне и окружающей среды контролирует расход энергии на отопление.

Датчики напряжения установлены на пантографе и аккумуляторной батарее, предназначены для расчета потребляемой мощности.

Датчики тока измеряют ток во всех ветвях потребления.

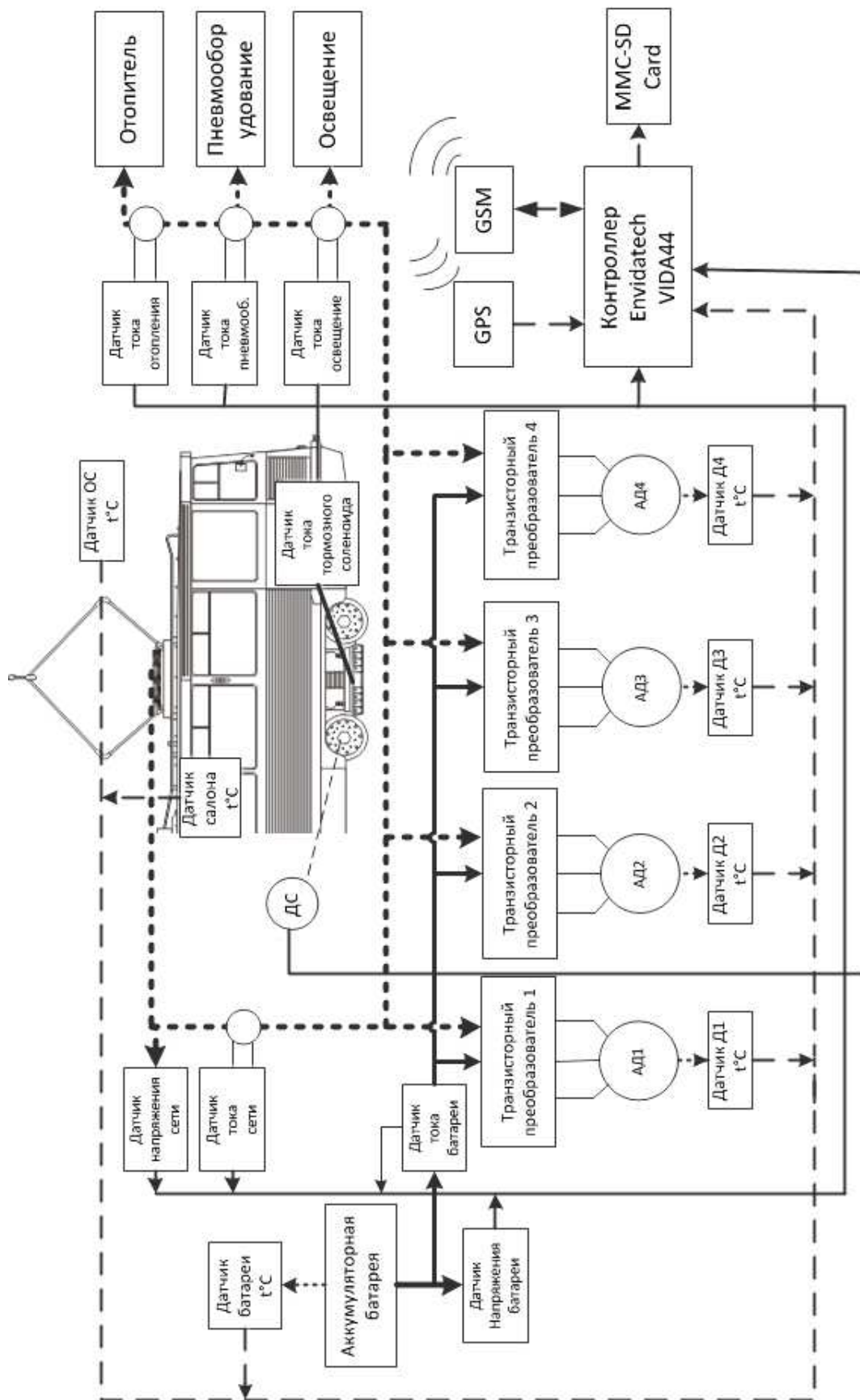


Рис. 1. Блок-схема системы энергомониторинга трамвая

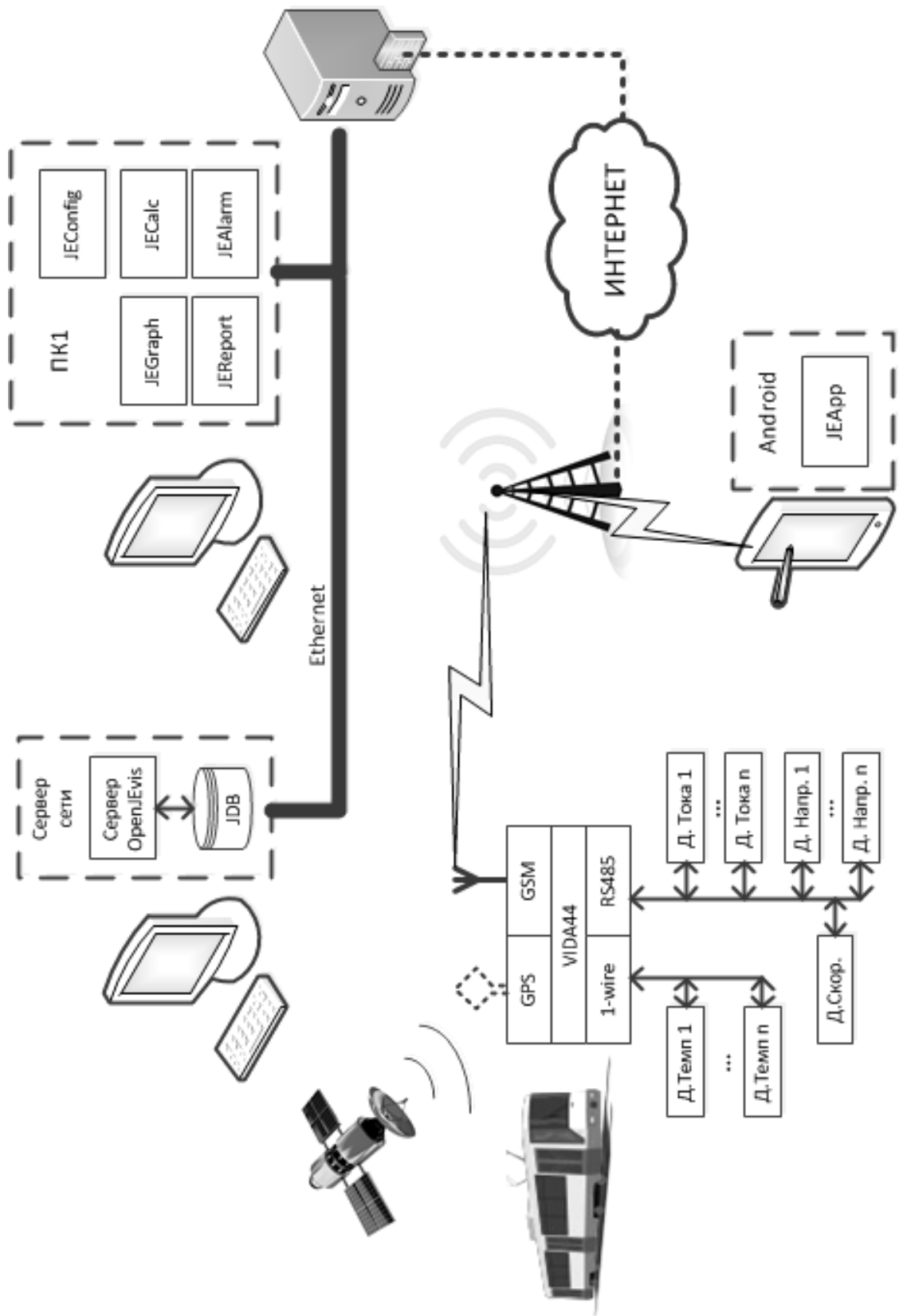


Рис. 2. Схема организации сбора, обработки и отображения данных

Полевые шины – это шина датчиков температуры – цифровая шина с паразитным питанием, шина датчиков напряжения, тока и скорости – цифровая скоростная шина с наименьшим количеством проводников.

Контроллер – в качестве контроллера сбора данных уже заранее был выбран контроллер компании *Envitech* – VIDA44, который обладает рядом преимуществ.

После сбора данных необходимо сохранить, обработать и отобразить данные в виде графиков, отчетов и геопозиционной информации.

Компания *Envidatec* занимается поддержкой open source проекта *JEVis* – данное ПО разработано специально для задач мониторинга объектов.

*JEVis* – это комплекс программного обеспечения, направленного на ЭМ объектов любой сложности. *JEVis* включает в себя основные модули:

- 1) *JDB* – база данных построена на сервере *MySQL*;
- 2) *JEConfig* – модуль-конфигуратор, позволяет настроить параметры системы сбора и обработки данных;
- 3) *JEGraph* – включает в себя три типа графического отображения информации;
- 4) *JECalc* – модуль-калькулятор, позволяет производить математические операции;
- 5) *JEReport* – модуль-построитель отчетов;
- 6) *JEWebservice* – позволяет связывать модули *JEVis* по сети с базой данных;
- 7) *JEAlarm* – отслеживает значение настроенного параметра и выдает сообщения об аварии;
- 8) *JEApp* – программа для мобильного телефона.

На рис. 2 изображены все уровни автоматизации, на диспетчерском уровне расположена система ПО *JEVis*, его модули могут быть установлены на одном ПК или могут быть распределены на несколько, как на рисунке. Связь контроллера с сервером может осуществляться через Интернет или напрямую посредством SMS-сообщений или соединения по голосовому каналу. После того как база данных будет настроена модулем *JEConfig*, в нее начнут поступать данные.

Чтобы рассчитать целевые показатели или какие-либо промежуточные значения, используем *JCalc*, для отображения данных необходимо использовать одну из функций *JEGraph*, для генерации еженедельных и ежемесячных отчетов применяем модуль *JEReport*, модуль *JEAlarm* сообщит об отклонениях показаний температуры или изменении в траектории движения при аварийной ситуации. Применяя такой пакет ПО, мы полностью охватываем все задачи по ЭМ подвижных объектов [3].

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации.
2. Сайт группы компаний Envidatec. – URL: <http://envidatec-ost.ru/>
3. Лыков А.Н. Автоматизация технологических процессов и производств. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008.

# **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ НАПОРНОГО ЯЩИКА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Студент гр. АТПП-12-1м ПНИПУ В.А. Резатдинов**  
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор  
кафедры МСА ПНИПУ *В.П. Казанцев*

Конкуренция, сложившаяся в целлюлозно-бумажной промышленности, и ужесточившиеся требования к обеспечению внутренних и внешних показателей качества выпускаемой продукции заставляют целлюлозно-бумажные предприятия решать вопросы повышения качества и увеличения производительности на предприятиях.

Критерий качества учитывает потери материала, которые происходят из-за производства не соответствующей определенным стандартам продукции. В целлюлозно-бумажной промышленности это забракованные рулоны.

Актуальными становятся вопросы повышения эффективности функционирования технологического оборудования, основанные на измерении и обработке конкретных производственных параметров, повышении качества продукции для снижения брака, что является одним из критериев эффективности бумагоделательной машины [1].

Технологический процесс производства бумажной продукции отличается большой разветвленностью и множеством взаимосвязанных технологических процессов, от каждого из которых в конечном счете зависит качество полученной продукции.

Исходя из этого, следует необходимость оптимизации каждого технологического процесса в отдельности и всего производственного цикла в целом. Поскольку проводить экспериментальные работы на действующем оборудовании не всегда представляется возможным, целесообразно оптимизировать отдельные технологические процессы, используя физические модели [2].

В условиях производства наблюдается тенденция к увеличению производительности бумагоделательных машин, что неразрывно связано с совершенствованием системы управления формированием бумажного полотна.

Исходя из вышеперечисленного, необходимо было разработать систему автоматического управления физической моделью напорного

ящика целлюлозно-бумажного производства с критериально-сопоставимыми технологическими параметрами производства для возможности последующего применения их на реальном объекте с целью повышения качества продукции.

Проведённый сбор, подготовка и анализ данных основных технологических параметров реального технологического процесса за длительное время позволили не только выявить наиболее оптимальный режим работы автоматического оборудования для обеспечения наилучшего соотношения качества продукции и производительности бумагоделательной машины, но также вывести регрессионную модель зависимости качества готовой продукции от технологических параметров. Базируясь на использовании статистики и анализе данных, а также используя элементы математического аппарата, полученная регрессионная модель позволяет оценить качество по параметрам физической модели, пересчитанным, исходя из критериев подобия технологических параметров физической модели параметрам реального производства [3].

$$Y = w(1)*x1 + w(2)*x2 + w(3)*x3 + w(4)*x4 + w(5)*x5 + w(6)*x6 + \\ + w(7)*x7 + w(8)*x8 + w(9)*x9 + w(10)*x10 + w(11)*x11 + \\ + w(12)*x12 + w(13)*x13,$$

где  $Y$  – вектор, состоящий из значений зависимой переменной (качество готовой продукции в относительных единицах),  $w$  – вектор параметров [0,0072; 0,007; 0,042; -0,00017; -1,07e-05; -0,13; -0,054; -0,00034; 0,000185; 0,0756; 0,088; -0,122; 0,0116],  $x1-x13$  – векторы, состоящие из значений свободных переменных.

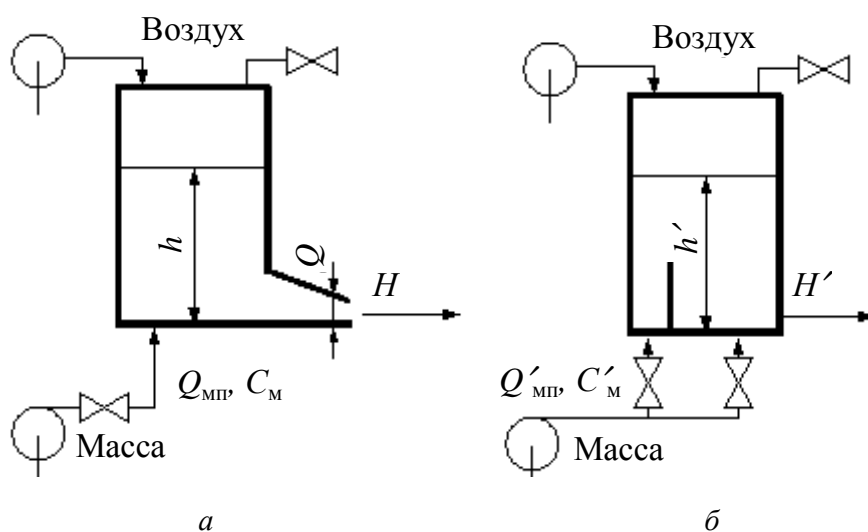


Рис. 1. Схемы напорного ящика закрытого типа с воздушной подушкой на реальном производстве (а) и напорного ящика физической модели (б)



Используя данную модель можно оценивать качество продукции, соответствующей текущим технологическим параметрам, а используя критерии подобия суммарному напору, Бар (1), уровню в напорном ящике, мм (2), расходу поступающей массы, л/мин (3), и концентрации массы, % (4), возможно применение результатов, полученных на физической модели, к реальному технологическому процессу (рис. 1, а, б) [4].

$$H = 10H', \quad (1)$$

$$h = 3,67h', \quad (2)$$

$$Q_{\text{МО}} = 414,61Q_{\text{МО}}, \quad (3)$$

$$C_{\text{М}} = 8C_{\text{М}}. \quad (4)$$

### Библиографический список

1. Современные тенденции развития гофроиндустрии // Сборник трудов 5-й Междунар. науч.-практ. конф.; Санкт-Петербург, 18 мая 2011 г. / под ред. А.Н. Иванова. – СПб., 2011. – 36 с.

2. Разработка экспериментальной установки имитации контуров регулирования технологических процессов производства бумаги предприятия ООО «Пермский картон» / Д.А. Даденков, Л.В. Поносова, А.Б. Петроченков, И.Г. Друзьякин, А.Г. Лейсле // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: материалы 3-й Всерос. науч.-техн. интернет-конф.; 2–30 ноября 2009 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – С. 196–206.

3. Радченко С. Г. Методология регрессионного анализа: монография. – Киев: Корнийчук, 2011. – 376 с.

4. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Э.В. Цешковский, Н.С. Пиргач, Г.Д. Ерашкин [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 368 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ»

**Студент гр. АТ-10 ПНИПУ Н.А. Софин**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ *М.В. Кавалеров*

Для выполнения лабораторных работ по дисциплинам, связанным с локальными системами управления, программированием контроллеров и разработкой графического интерфейса с пользователем, был разработан стенд «Модель вентиляционной системы». Лабораторный стенд представляет собой систему воздуховодов, соединяющих два нагнетающих вентилятора с двумя отключенными вентиляторами, которые вращаются под действием воздушного потока и исполняют роль датчиков расхода воздушного потока (рис. 1).

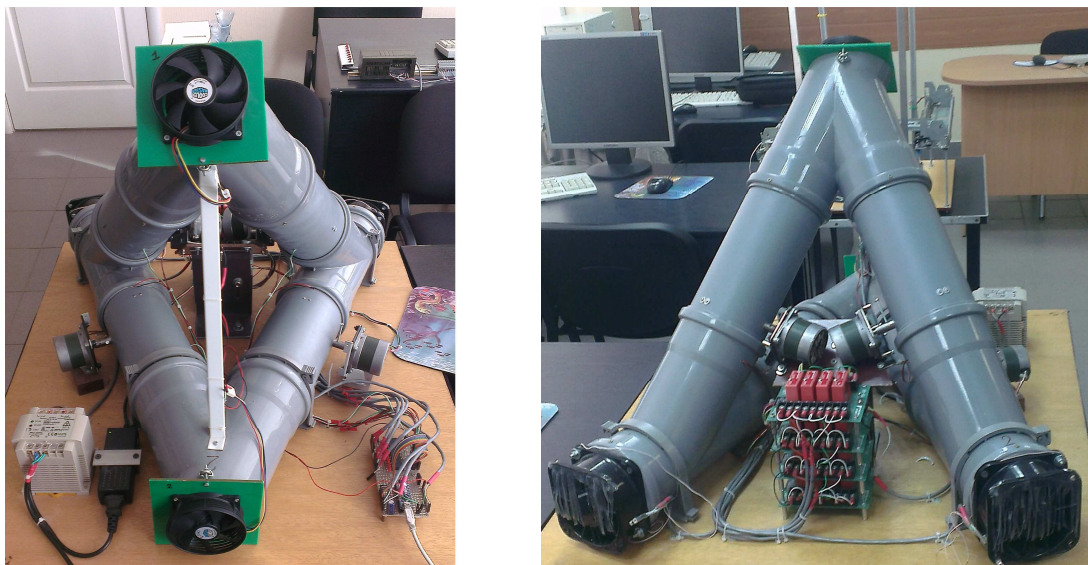


Рис. 1. Внешний вид лабораторного стенда

Скорость вращения отключенных вентиляторов измеряется за счет частоты срабатывания герконов под действием магнитов, закрепленных на лопастях этих вентиляторов. На каждом воздуховоде имеются заслонки, которыми можно перекрывать воздуховоды, а также задавать возмущающие воздействия на системы регулирования воздушных потоков. В результате на данном стенде можно исследовать системы автоматического регулирования, в том числе связанные системы, что достигается открытием соответствующих заслонок. Кроме того, данный стенд является удобным полигоном для изучения осо-

бенностей программирования для систем управления, в частности, программирования контроллеров и разработки графического интерфейса с пользователем.

Разработана базовая программа для контроллера, которая выполняет следующие функции:

- измерение оборотов отключенных вентиляторов, которые дают информацию о расходе воздушного потока;
- регулирование скорости вращения нагнетающих вентиляторов, для того чтобы поток оставался на заданном уровне.

В качестве основного контроллера для стенда используется контроллер *Arduino Nano*. Программирование контроллера осуществляется на Си-подобном языке в специальной среде разработки, которую можно скачать с официального сайта контроллера [1]. Для расчета числа оборотов отключенных вентиляторов измеряется частота срабатывания герконов. Однако здесь возникает проблема дребезга контактов (очень частое замыкание контактов за малый промежуток времени). Для решения этой проблемы была использована библиотека *Bounce* [2]. Для автоматического регулирования числа оборотов в базовой (начальной) программе используется ПИ-регулятор, с возможностью настройки его коэффициентов. Схема лабораторного стенда представлена на рис. 2.

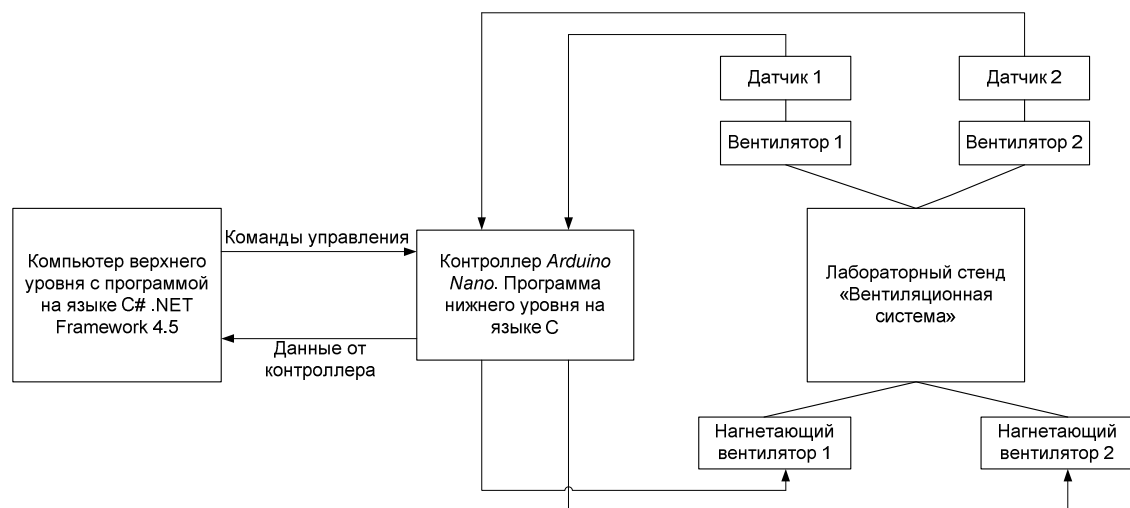


Рис. 2. Схема лабораторного стенда

Для управления стендом была разработана специальная система команд строкового типа. Ее суть заключается в следующем: с персонального компьютера посылается строка, и если она совпадает с одной

из заранее записанных в контроллер, то будут выполняться необходимые действия. Основные команды из данной системы команд:

1. Включение/Выключение верхнего нагнетающего вентилятора – TVCON#/ TVCOFF#.

2. Включение/Выключение нижнего нагнетающего вентилятора – BVCON#/ BVCOFF#.

3. Установка значения ШИМ сигнала для верхнего/нижнего нагнетающего вентилятора – TVC64#/BVC64#.

4. Установка желаемого числа оборотов для 1-го и 2-го вентилятора – FC128#/ SC128#.

5. Установка настроек регулятора: P4.2# – пропорциональный, I0.003# – интегральный, A6# – степень усреднения

Также в среде программирования *Microsoft Visual Studio* был разработан прототип графического интерфейса на языке C#. На данный момент программа верхнего уровня выполняет следующие функции:

1. Построение графиков зависимостей числа оборотов и ШИМ-сигнала от времени на 1-м и 2-м вентиляторе в режиме реального времени.

2. Различные взаимодействия с этими графиками: просмотр в диапазоне, прокрутка предыстории, центрирование.

3. Автоматическое сохранение результатов эксперимента в файл с названием в формате ДД.ММ.ГГ ЧЧ.ММ.СС и их последующая загрузка.

4. Управление регуляторами, а точнее, их выбор и настройка.

На рис. 3 приведен пример окна графического интерфейса.

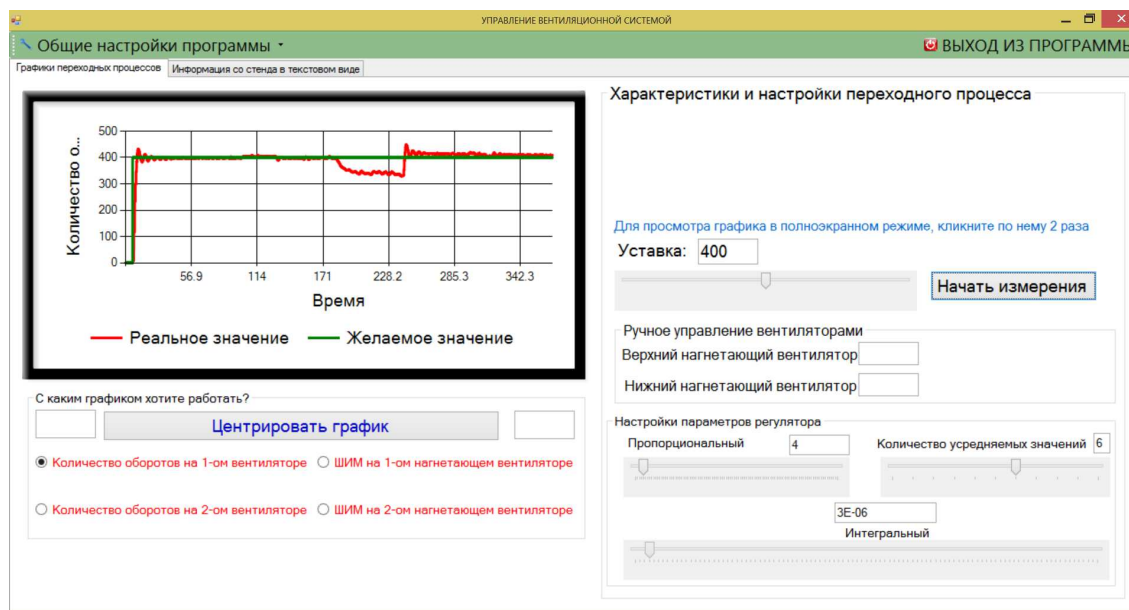
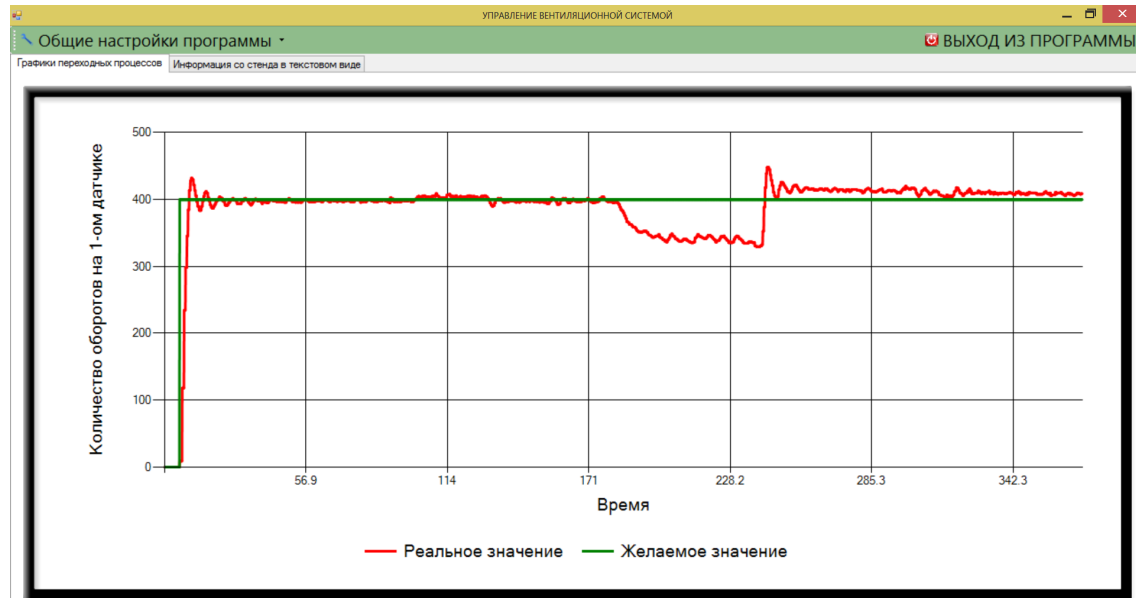


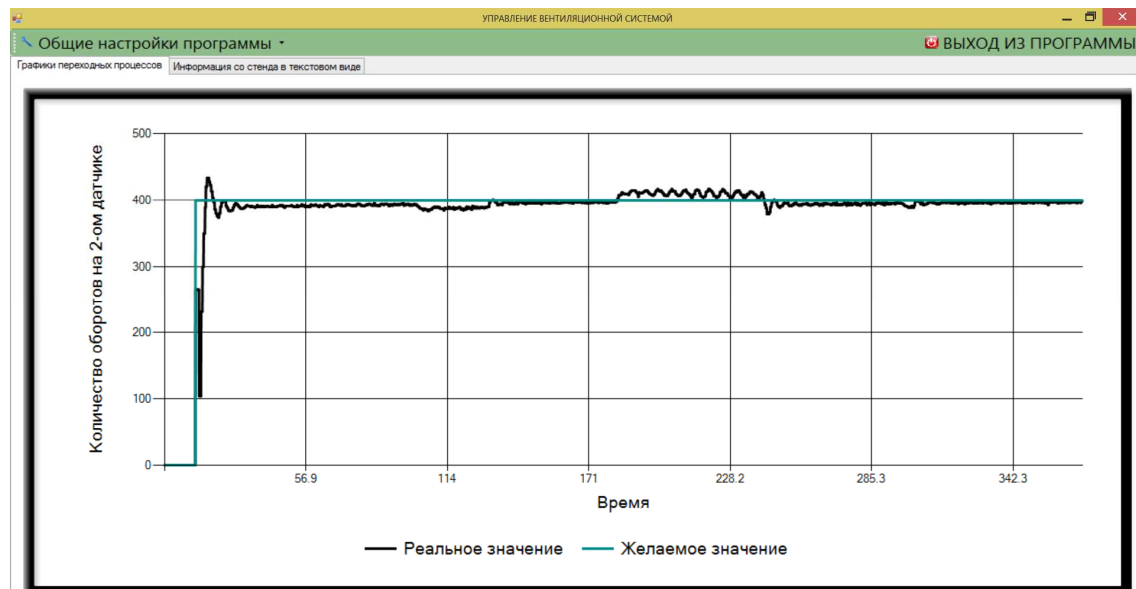
Рис. 3. Пример графического интерфейса программы

Ниже на рис. 4 представлены примеры графиков переходных процессов, полученные в ходе реальных испытаний на стенде.

Во время эксперимента, соответствующего рис. 4, в период времени 190–240 с была открыта заслонка на верхней трубе, ведущей от 1-го вентилятора ко 2-му датчику.

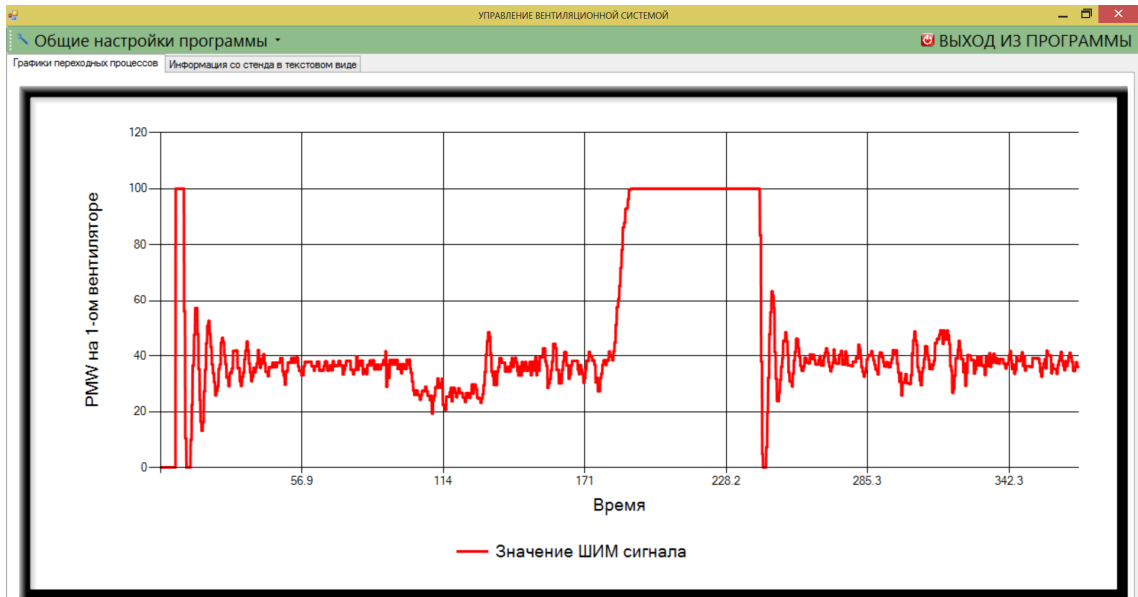


*а*

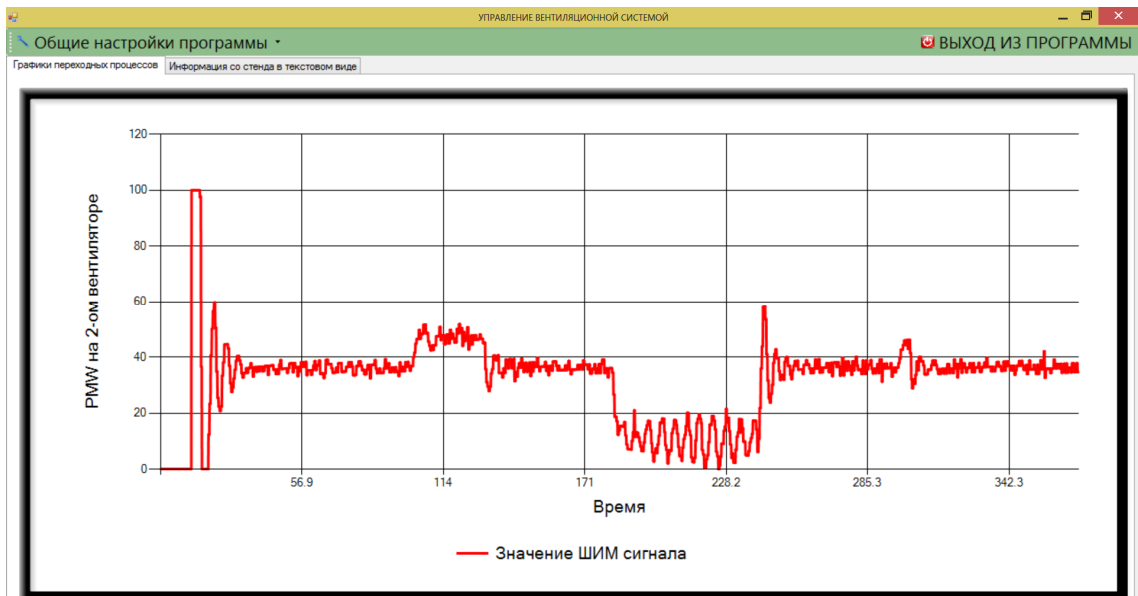


*б*

Рис. 4. Графики переходных процессов: *а* – количество оборотов на 1-м датчике, *б* – количество оборотов на 2-м датчике, *в* – уровень ШИМ на верхнем вентиляторе, *г* – уровень ШИМ на нагнетающем вентиляторе



б



г

Рис. 4. Окончание

В результате напор воздуха на 1-й датчик снизился и число оборотов на 1-м датчике упало, но на 2-м датчике возросло. Регулятор, чтобы скомпенсировать действие возмущения, увеличил ШИМ-сигнал на 1-м вентиляторе и уменьшил на 2-м. После того как заслонку снова закрыли, всё вернулось в прежнее состояние.

Разработаны базовые версии программ для контроллера и для компьютера верхнего уровня. Предполагается, что в ходе лаборатор-

ных занятий студенты могут использовать эти программы для их дальнейшей доработки и модификации с целью овладения навыками программирования для систем управления. Также на данном лабораторном стенде студенты могут получать навыки проектирования систем автоматического управления реальными объектами.

### **Библиографический список**

1. Среда разработки *Arduino* [Электронный ресурс] // Аппаратная платформа *Arduino*. – URL: [http://arduino.ru/Arduino\\_environment](http://arduino.ru/Arduino_environment) (дата обращения: 16.05.2014).

2. *Arduino Playground – Bounce* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.arduino.cc/playground/Code/Bounce> (дата обращения: 16.05.2014).

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ РОЛЬГАНГОМ

Студент гр. ИН-10 ПНИПУ В.Д. Кулик

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ А.Б. Петроченков

**Описание рольгангов.** Рольганги – это механизмы, предназначенные для транспортирования прокатываемого металла вращающимися роликами (рис. 1).

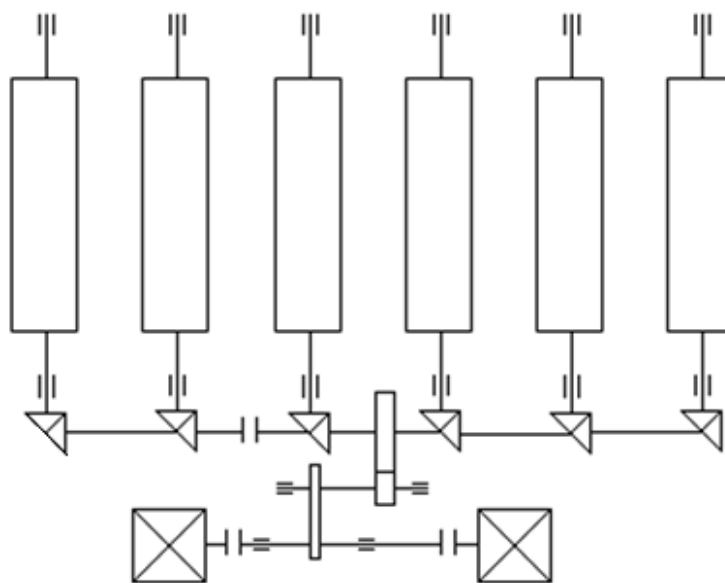


Рис. 1. Технологическая схема рольганга

По назначению рольганги делятся на следующие группы:

- рабочие рольганги, расположены непосредственно у клетки стана. Они служат для подачи металла к валкам и отвода их от валков;
- рабочие вспомогательные рольганги или удлинительные, являются продолжением основных рабочих. Они используются в том случае, когда длина прокатываемого металла превышает длину основных рабочих рольгангов;
- транспортные рольганги, передают металл от одного механизма стана к другому или от стана к стану.

Существует несколько видов рольгангов [1], например:

- 1) поворотный (приводной/неприводной) рольганг;
- 2) прямой (приводной/неприводной) рольганг;
- 3) раздвижной рольганг;



- 4) роликовый стол;
- 5) шариковый стол.

Основными параметрами рольганга являются диаметр и длина бочки ролика, шаг рольганга, количество роликов. У рабочих рольгангов блюмингов и слябингов диаметр роликов находится в пределах 600–400 мм; у рольгангов листовых и сортовых станов – в пределах 350–200 мм. Длина бочки роликов берется равной длине бочки валков стана или несколько больше [2].

**Выбор оборудования.** На основании требований к элементам управления из источника [3] был выбран электропривод с характеристиками, указанными в таблице. Электропривод осуществляет функцию группового привода, чтобы избежать перегрузок на одном ролике.

#### Характеристики электропривода

Мощность, кВт	Тип	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	Ток при 380 В, А	$M_{ном}$ , Н·М	$M_{max}$ , Н·М	Момент инерции, кг·м <sup>2</sup>	Масса, кг
27,0	AP250M6	992	92,5	0,77	62,5	260	820	1,19	480

В качестве датчиков веса были выбраны цилиндрические датчики К-С-183 с НПИ (наибольший предел измерений) 1 – 100 т [4].

Данные датчики являются основным измерительным элементом электронной весоизмерительной техники, которая используется компаниями с различной спецификой деятельности для получения точного значения веса грузов. Принцип действия датчиков основан на преобразовании приложенной к ним механической силы в пропорциональный электрический сигнал (рис. 2).

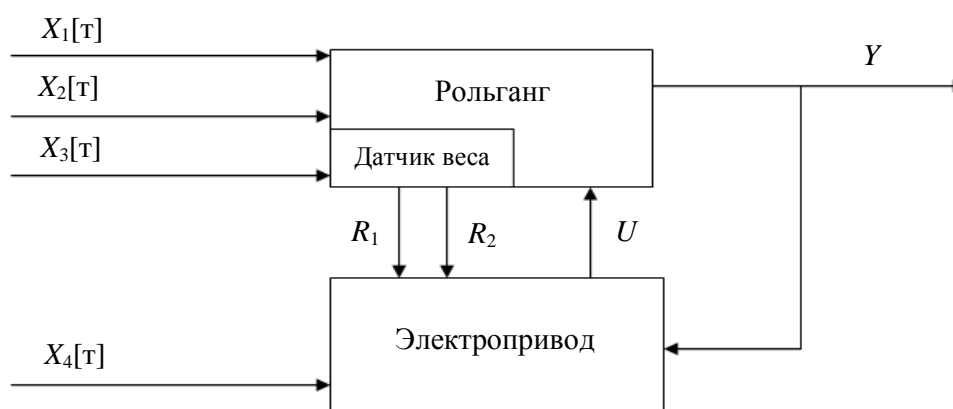


Рис. 2. Функциональная схема системы управления рольгангом

Алгоритм работы рольганга с групповым электроприводом и датчиками веса приведен на рис. 3.

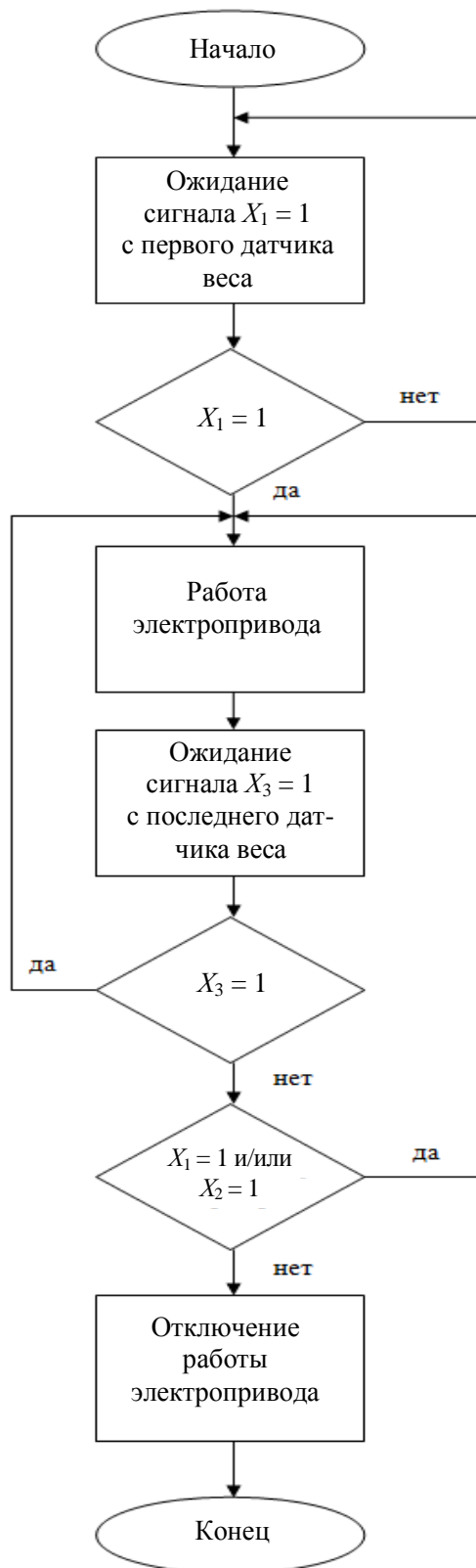


Рис. 3. Алгоритм работы рольганга с групповым электроприводом и датчиками веса

Сигналы  $X_{1,2,3}$  – *Boolean*-сигналы. За истину принимается изменение веса на датчике.

Описание алгоритма:

1) Электропривод находится в режиме ожидания сигнала  $X_1$  с первого датчика веса.

2) При сигнале с датчика  $X_1 = 0$  привод остается в режиме ожидания. При сигнале  $X_1 = 1$  привод выходит из режима ожидания и начинает работать.

3) Привод работает, пока хотя бы один сигнал  $X_i = 1$ .

4) Первым из условий выключения привода является сигнал последнего датчика веса  $X_3 = 0$ .

5) После выполнения условия 4 проверяются сигналы  $X_{1,2}$ . Если  $X_{1,2} = 0$ , то привод завершает работу. Если хотя бы один из них «истина», привод продолжает работать, снова проверяется условие 4.

**Человеко-машинный интерфейс** (рис. 4) для управления электроприводом рабочего рольганга разработан в программном комплексе *TRACE MODE 6*. Ссылка на файл проекта указана в списке использованных источников [5].

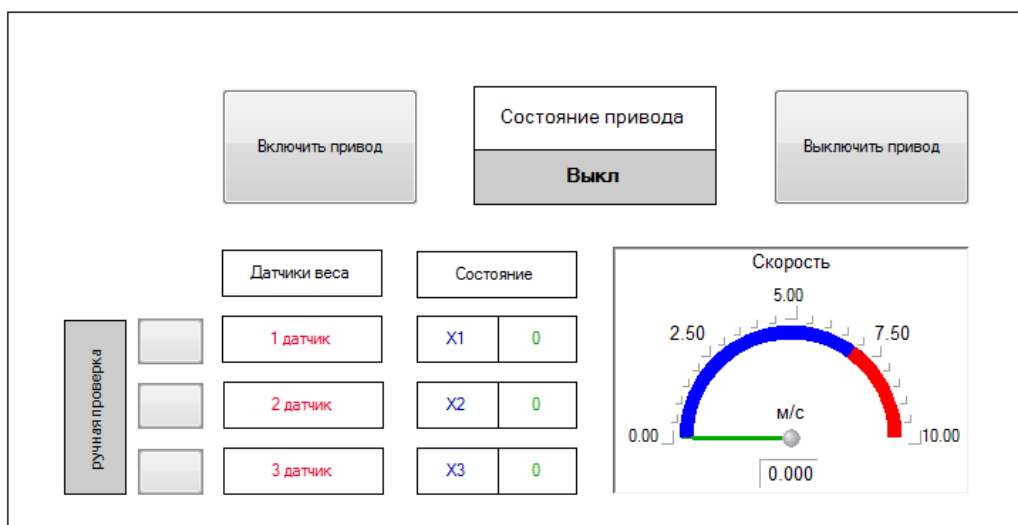


Рис. 4. Изображение человеко-машинного интерфейса

Описание элементов, программ и их функций:

1) кнопки «Включить привод» и «Выключить привод» управляют показанием стрелочного прибора, а также значением и заливкой индикатора состояния двигателя;

2) датчики веса расположены в линии, соответствующие их порядковым номерам;

3) ручная проверка. По нажатию кнопок необходимо ввести числовое значение вручную, которое принимается за сигнал с датчика. Программа (например, «Первый датчик веса») обрабатывает значение и определяет значение сигнала  $X_i$ . Кнопки, которые передали значение, отличное от нуля, меняют цвет заливки;

4) программа «Проверка» считывает сигналы  $X_i$  и изменяет показания стрелочного прибора, если хотя бы один сигнал отличен от нуля.

Примечание: программа содержит аргумент «а». Назначение аргумента – возможность включения привода кнопкой «Включить привод» при нулевых значениях всех  $X_i$ .

### Библиографический список

1. Веб-сайт компании «Конвейер-сервис» [Электронный ресурс] / ООО «Конвейер-сервис», 2011–2012. – URL: <http://www.conveer.ru/> (дата обращения: 24.04.2014).

2. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства: учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1977.

3. Рольганговые электродвигатели: технический каталог [Электронный ресурс] / ООО «Кранрос». – URL: [http://proautomatika.ru/documentation/motors/electromotors/cranros/roller\\_motors.pdf](http://proautomatika.ru/documentation/motors/electromotors/cranros/roller_motors.pdf) (дата обращения: 24.04.2014).

4. Цилиндрический датчик К-С-183 [Электронный ресурс] / ООО «Вектор-ПМ». – URL: <http://www.uralves.ru/tenzo/k-18-z1.htm> (дата обращения: 25.04.2014).

5. Кулик В.Д. ЧМИ управления электроприводом рольганга [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fayloobmennik.net/3775109> (дата обращения: 30.04.2014).

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЛИТКОВОЗА

Студены группы ИН-10 ПНИПУ С.А. Мошкин, А.А. Фещенко

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент

кафедры МСА ПНИПУ А.Б. Петроченков

### **Описание автоматизированного электропривода слитковоза.**

Слитковоз (рис. 1) представляет собой двухосную тележку, применяющуюся для транспортировки слитка от нагревательного колодца к прокатному стану. Автоматизированный привод позволяет осуществить продвижение тележки до места назначения. Система содержит линейные двигатели с индукторами, охватывающими тяговые полосы, установленные вдоль движения. Слитковозы относятся ко второй группе вспомогательных машин и механизмов (слитковозы, рольганги, манипуляторы, кантователи, поворотные механизмы, толкатели, шлепперы, холодильники, упоры, опрокидыватели и укладыватели) [1].

Слитковозы с автоматизированными приводами применяются на предприятиях добывающей промышленности при доставке слитков к приемным рольгангам.

Основное назначение системы управления автоматизированным приводом состоит в исключении аварийных ситуаций, возникновении пробуксовок, осуществлении контроля и оптимизации энергопотребления привода.

**Выбор оборудования и системы управления.** *Выбор электродвигателя.* Механизмы, работающие в длительном или повторно-кратковременном режиме и требующие регулирования скорости, обычно имеют двигатели постоянного тока. Поэтому для автоматизированного привода слитковоза выбран электродвигатель постоянного тока серии 6 со встроенным генератором частоты [2].

Характеристики двигателя представлены ниже.

Диапазон мощностей	31,5 ... 1610 кВт
Напряжение питания	420 ... 810 В постоянного тока
Возбуждение	Независимое
Высота оси	160 ... 280 мм
Число полюсов	4 или 6
Скорость вращения	до 4500 об/мин

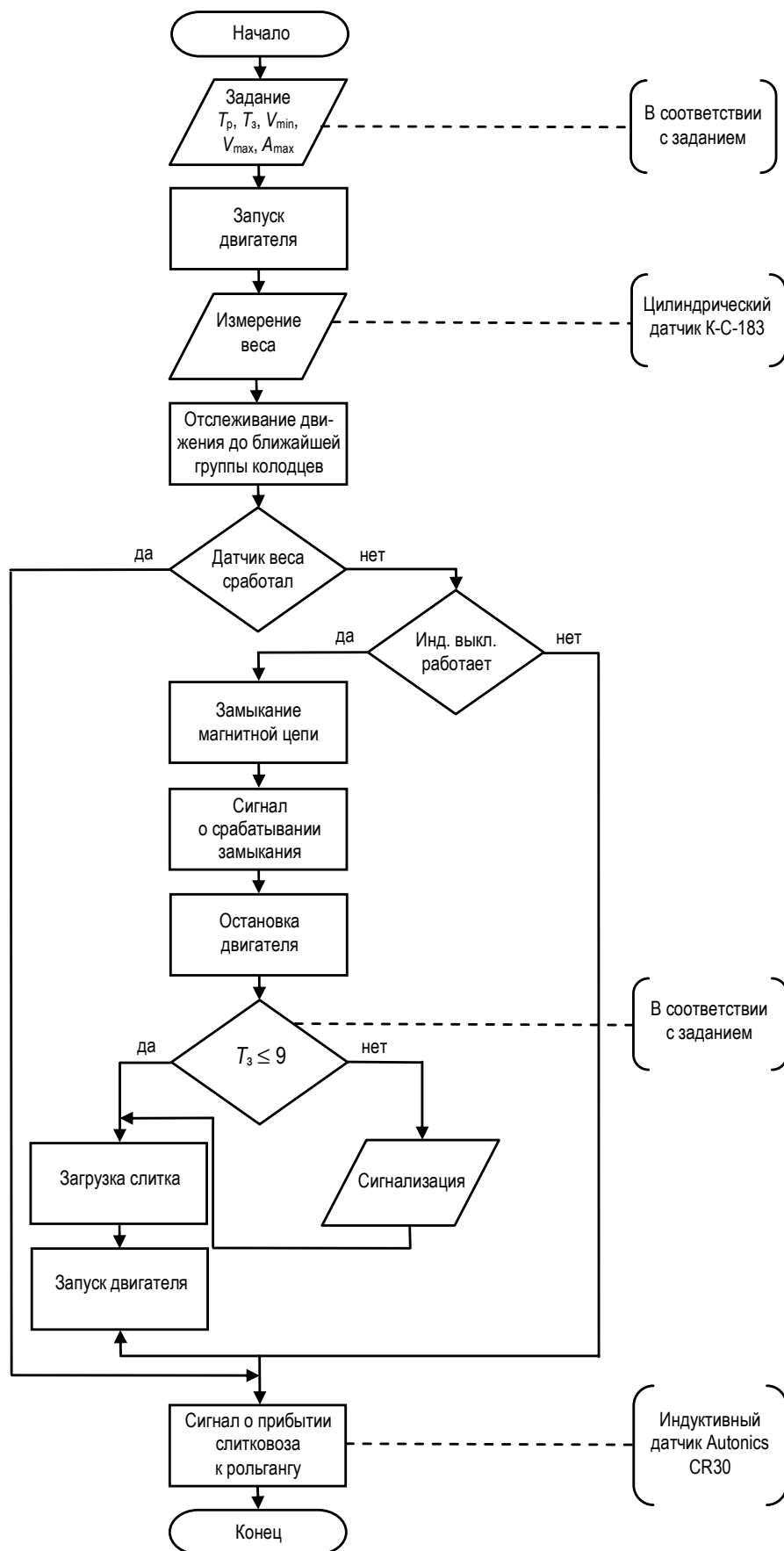


Рис. 1. Логический уровень обеспечения процесса управления

Данный электродвигатель соответствует всем требованиям по защите и эксплуатации в соответствии с ГОСТ 24.104-85 и ГОСТ 14.254-80.

Торможение у колодцев осуществляется посредством срабатывания индуктивных датчиков приближения в цилиндрическом корпусе из латуни или нержавеющей стали.

Индуктивные датчики семейства E2A [4] сконструированы и испытаны в расчете на длительный срок службы и изготавливаются с неизменно стабильным качеством. Их модульная конструкция лежит в основе семейства:

- стандартное (одинарное) или увеличенное (двойное) расстояние срабатывания;
- IP67 и IP69k для максимальной защиты в условиях повышенной влажности;
- модели на напряжение постоянного тока с 3-проводной (Н.Р., Н.З.), 4-проводной (Н.Р.+Н.З.) и 2-проводной схемой подключения.
- широкая область применения благодаря модульной концепции.

**Выбор системы управления.** В качестве системы управления автоматизированным приводом слитковоза будем использовать *TRACEMode 6.09* [3].

Ввиду необходимости использовать большое число технологических параметров каналный принцип построения системы принесет наибольшую пользу, а разнонаправленность источников данных не станет препятствием на пути работы системы.

Ресурсные библиотеки новой версии:

- анимация;
- векторная графика (метафайлы);
- растровая графика;
- графические элементы.

Логика управления автоматизированным электроприводом слитковоза представлена на следующей схеме на рис. 2.

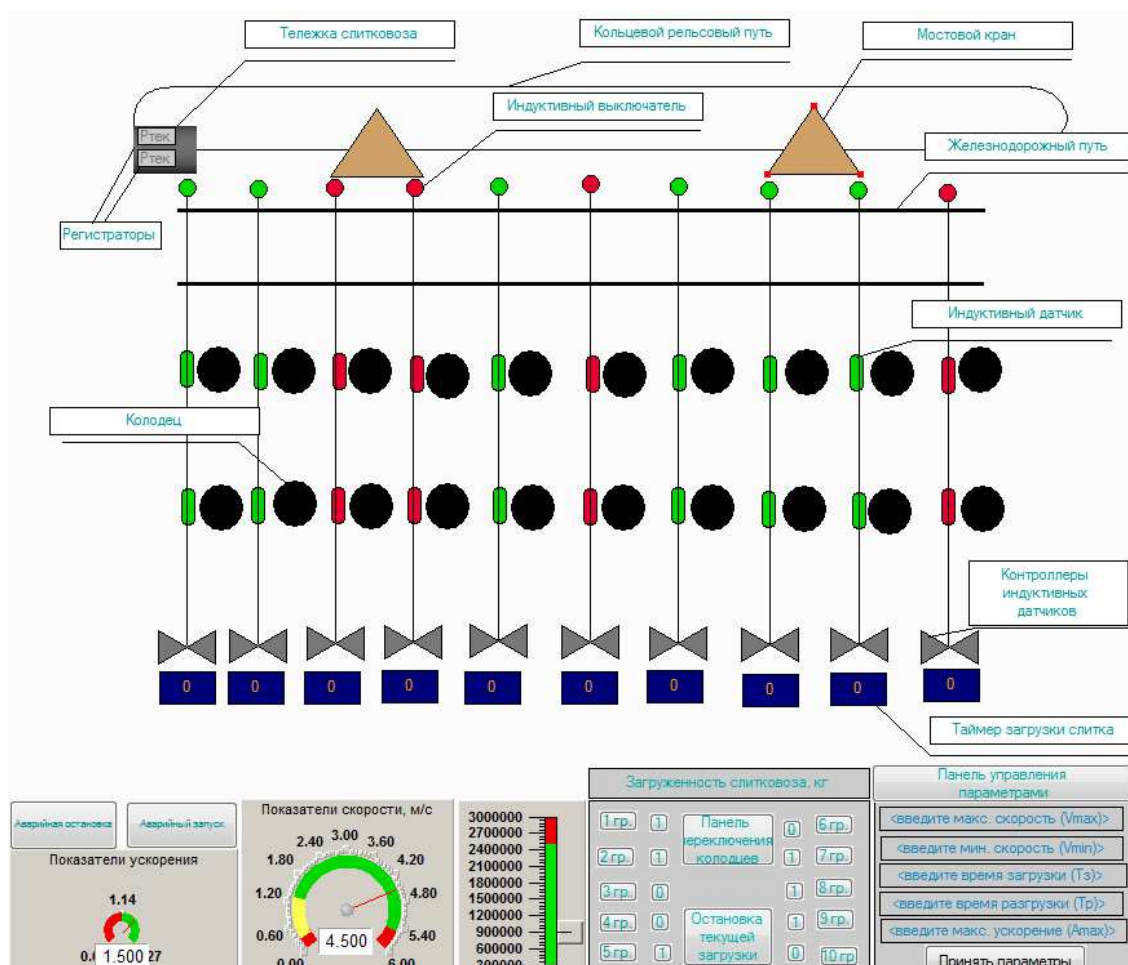


Рис. 2. Реализация человеко-машинного интерфейса

Для проектирования программной части выбран программный комплекс *TraceMode*, на котором отображен интерфейс взаимодействия оператора с автоматизированным электроприводом слитковоза.

### Библиографический список

1. Инженерный центр АСИ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.icasu.ru/print/97.html>– Загл. с экрана.
2. Двигатели постоянного тока [Электронный ресурс]. – URL: <https://eb.automation.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/10045404>
3. TraceMode [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tracemode.com>
4. Каталог Компел [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compel.ru/infosheet/Autonics/CR30-15AO/>
5. Тензодатчики [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uralves.ru/tenzo.htm/>



## АВТОМАТИЗАЦИЯ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Студенты гр. ИН-10 ПНИПУ И.Д. Першин, Д.Ю. Кузнецов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ А.Б. Петроченков

**Описание круглошлифовального станка.** Круглошлифовальный станок применяется для шлифования наружных и внутренних поверхностей деталей. Станки бывают различных конфигураций и подходят для обработки цилиндрических, ступенчатых, фасонных поверхностей деталей из металла, чугуна, стали и других материалов [1]. Данный вид станочного оборудования используется в мелкосерийном и серийном производстве.

В нашем случае автоматизируется круглошлифовальный станок, применяемый для обработки наружных поверхностей цилиндрических деталей, который отличается наличием поворотного стола, поворотной шлифовальной и передней бабки. В данном виде станочного оборудования возможна автоматизация в следующих «местах»: управление скоростью подачи шлифовальной бабки, включением и отключением подачи охлаждающей жидкости, автоматизация электропривода станка, автоматизация механизма пода, механизма правки круга, автоматизация управления гидросистемой [2].

**Выбор круглошлифовального станка.** Круглошлифовальный станок AMC-SCHOU модели R4000 – станок, построенный из лучших материалов и с чрезвычайно высокой степенью точности. Каждая отдельная часть станка была проверена несколько раз в течение производства, а весь станок был проверен перед отгрузкой от AMC-SCHOU согласно свидетельству об испытании, поставляемому со станком.



Рис. 1. Внешний вид станка AMC-SCHOU R 4000 CNC

### Технические характеристики станка:

Обрабатывающая способность	R4000
Максимальный вес заготовки	2500 кг
Максимальная длина шлифования	4000 мм
Вращение шпиндельной бабки	20–500 об/мин
Скорость шлифовального круга	760 об/мин
Двигатель шлифовального круга	15 кВт
Двигатель шпиндельной бабки	5,5 кВт
Максимальный диаметр шлифовального круга	813 мм
Максимальная ширина шлифовального круга	80 мм
Максимальное расстояние между центрами	4000 мм

### Алгоритм обработки детали:

№	Наименование операции	Программный код
1	Включение станка	N01 M03
2	Задание частоты вращения шпинделя	N02 M03 S1000
3	Задание частоты вращения шлифовального круга	N03 M06 S1000
4	Установка начала системы отсчета	N04 G00 X0.Z0 T
5	Установка фиксированной точки для остановки инструмента	N05 G01 X35.Z30. F150
6	Задание глубины шлифовки	N06 M07 X1
7	Шлифовка диаметра 10	N07 G01 X10-Q. Z0.F150 N08 G01 X10-Q.Z12.F150
8	Смена шлифовального круга	N09 M06
9	Шлифовка диаметра 7	N10 G01 X7-Q.Z12 F150 N11 G01 X7-Q.Z15
10	Шлифовка дуги	N13 G01 X10-Q.Z15 F100 N12 G01 R15 D1 N13 G01 X10-Q.Z15 F100 N14 G01 X20-Q.Z30 F100
11	Шлифовка конической части детали	N15 G01 X20-Q.Z30 F150 N16 G01 X23-Q.Z50 F150
12	Смена шлифовального круга	N17 M06
13	Шлифовка цилиндрической части	N18 G01 X23-Q.Z50 F150 N19 G01 X23-Q.Z75 F150
14	Окончание обработки	M20 M05 M11

**Реализация человеко-машинного интерфейса.** Подробно рассмотрим функции каждого элемента интерфейса для управления шлифовальным станком:

1. Начало/завершение работы, включение/выключение станка.
2. Рабочий режим: G01.
3. Режим смены шлифовального круга: M06.
4. Режим холостого хода шлифовальной бабки: G00.
5. Режим технического обслуживания: M06.
6. Начало системы отсчета: привязка – T, X, Y, Z координаты относительно оси вращения шпинделя.
7. Параметры заготовки: 2X – диаметр; Z – длина.
8. Параметры резания: интервал по длине – интервал по оси Z; глубина резания – координата X относительно диаметра заготовки.
9. Радиус дуги: R – радиус; D1 (D0) – внутренняя (внешняя) дуга.
10. Глубина шлифования, мм: M07 X1.
11. Зажим/разжим изделия: M10/M11.
12. Реверс: M12.
13. Скорость подачи мм/мин: F.
14. Скорость вращения шпинделя об/мин: M03 S.
15. Скорость вращения шлифовального круга об/мин: M06 S.
16. Поправка на износ шлифовального круга: Q.
17. Кнопки управления алгоритмом: запуск – M03; стоп – M05; сохранение алгоритма – M30; очистить данные – M02.

### **Библиографический список**

1. Оборудование AMC-SCHOU [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ab-engine.ru/>
2. Сафин В.Н. Основы программирования токарных станков с ЧПУ: учеб. пособие к лабор. работам / ЮУрГУ. – Челябинск, 2012.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ САУ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Студенты гр. ТК-12-16 ПНИПУ Е.А. Губарев, Ю.В. Лихачева**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры КТЭ ПНИПУ *Т.А. Кузнецова*

Газотурбинный двигатель (ГТД) является примером сложной динамической системы, уравнения движения которой определяются как регулярной составляющей нестационарного процесса изменения параметров ГТД, так и случайным разбросом характеристик двигателя, вызванным внешними и внутренними помехами.

Внутренние помехи определяются разбросом характеристик составляющих ГТД, обусловленных множеством причин: технологический разброс параметров, обусловленный допусками на изготовление и сборку; отклонение в подобию режимов при различных внешних условиях эксплуатации; отказы и износ узлов в процессе наработки ресурса.

Внешние помехи обусловлены широким спектром воздействий внешних дестабилизирующих факторов, вызывающих дополнительные погрешности и сокращающих ресурс двигателя: широкий диапазон рабочих температур; механические удары, линейное ускорение и вибрация; нестабильность источников питания САУ; электромагнитные помехи – фактор, который становится все более существенным в условиях повышения степени автоматизации современных самолетов; пульсации давления и др.

САУ ГТД выполняет функции: автоматического управления запуском двигателя, перехода на другие режимы работы при управлении движением самолета или резком изменении внешних условий, поддержание заданного режима работы двигателя или его изменение в соответствии с программами управления, исключение выхода двигателя на опасные режимы работы. Особую сложность представляют переходные режимы работы двигателя в условиях внешних и внутренних помех.

Качество современных САУ ГТД во многом определяется качеством применяемых встроенных моделей. Решение задачи адаптации САУ, контроля состояния и диагностики отказов требует оптимиза-

ции методов идентификации. В настоящей работе рассмотрена актуальная задача разработки алгоритмов оптимальной фильтрации сигналов в модели контура дозирования подачи топлива в основную камеру сгорания в составе многорежимной линеаризованной математической модели ГТД, построенной на основе его динамической и дроссельных характеристик, позволяющей идентифицировать параметры в статических и динамических режимах.

Для реализации вышеперечисленных функций необходимым условием является получение достоверных данных о текущих параметрах ГТД в условиях полета, таких как расход топлива, температура, давление, обороты роторов высокого и низкого давления и др. Учитывая, что САУ ГТД работает в условиях помех как в канале встроенной модели (обусловленных неточностью модели), так и в канале измерения (обусловленных погрешностью датчика), актуальной задачей является обеспечение точности идентификации параметров с учетом расчетных данных встроенной модели и данных бортовых измерений.

В настоящей работе повышение точности идентификации параметров ГТД достигалось путем применения алгоритмов оптимальной фильтрации Калмана в канале дозирующей иглы (ДИ) с использованием встроенной модели ДИ, позволяющей получать расчетные данные о расходе топлива на основе скоростной характеристики дозирующей иглы и характеристик регулятора перепада давления на ее выходе (дифференциальный клапан).

Рекурсивный фильтр Калмана был выбран как наиболее точный и удобный в моделировании, обладающий необходимыми свойствами адаптации / самокоррекции в процессе фильтрации данных. Самокоррекция строится на основе применения оптимального коэффициента Калмана, полученного в текущий момент при решении задачи минимизации математического ожидания квадрата ошибки идентифицируемого параметра с учетом ошибки и оптимальной оценки в предыдущий момент.

Фильтры Калмана применяются для эргодичных процессов в условиях помех с известной постоянной дисперсией и нулевым матожиданием.

Поставленная задача проектирования алгоритмов оптимальной фильтрации Калмана в канале дозирующей иглы (ДИ) решалась на основе модельного эксперимента. В качестве среды моделирования

выбрана интерактивная среда *Simulink*, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели исследуемых объектов. Основными её преимуществами являются многообразие встроенных библиотек, в том числе входящих в состав среды *MatLab*, наглядность и простота построения модели, возможность отслеживать состояние системы и простота воздействия на проектируемый алгоритм.

В задачах оптимальной фильтрации требуется в текущий момент времени максимально исключить ошибку как в канале модели (прогнозируемое значение идентифицируемого параметра – расхода топлива), так и в канале измерения (показания датчика расхода). Для этого применяется рекуррентное соотношение:

$$x_k^{\text{opt}} = K \cdot z_{k+1} + (1 - K)(x_k^{\text{opt}} + u_k), \quad (1)$$

где  $x_k^{\text{opt}}$  – оптимальная оценка идентифицируемой величины расхода топлива на  $k$ -шаге;  $K$  – коэффициент Калмана;  $z_k$  – показание датчика расхода топлива на  $k$ -шаге;  $u_k$  – приращение расхода топлива, полученное на  $k+1$ -шаге с помощью встроенной модели ДИ.

Следует отметить, что решаемая задача фильтрации не есть задача сглаживания. Фильтр Калмана не рассчитан на сглаживание данных с датчика, а нацелен на получение наиболее близкого значения к реальной координате  $x_k$  – оптимальной оценки расхода топлива, полученной в условиях помех в каналах встроенной модели и измерения.

Важной составляющей алгоритма идентификации является алгоритм встроенной модели, позволяющей производить в реальном масштабе времени расчет расхода топлива на основе экспериментально полученной (по данным стендовых и полетных испытаний ГТД) скоростной характеристики дозирующей иглы, задающей кусочно-линейную зависимость скорости движения ДИ от входного электрического тока управления на входе преобразователя сигналов ДИ, и заданных технических ограничений. В алгоритмах фильтрации встроенная модель позволяет получить  $u_k$  – приращение расхода топлива на каждом шаге.

Значения показаний датчика расхода в условиях помех  $z_k$  моделировались наложением на модельные значения нескольких видов шумов: гауссова шума; шума, выделенного в экспериментальных

данных, полученных в ходе стендовых испытаний двигателя; нескольких синусоид высокой частоты.

Структурная схема фильтра (рис. 1) включает блоки вычисления на каждом шаге моделирования:

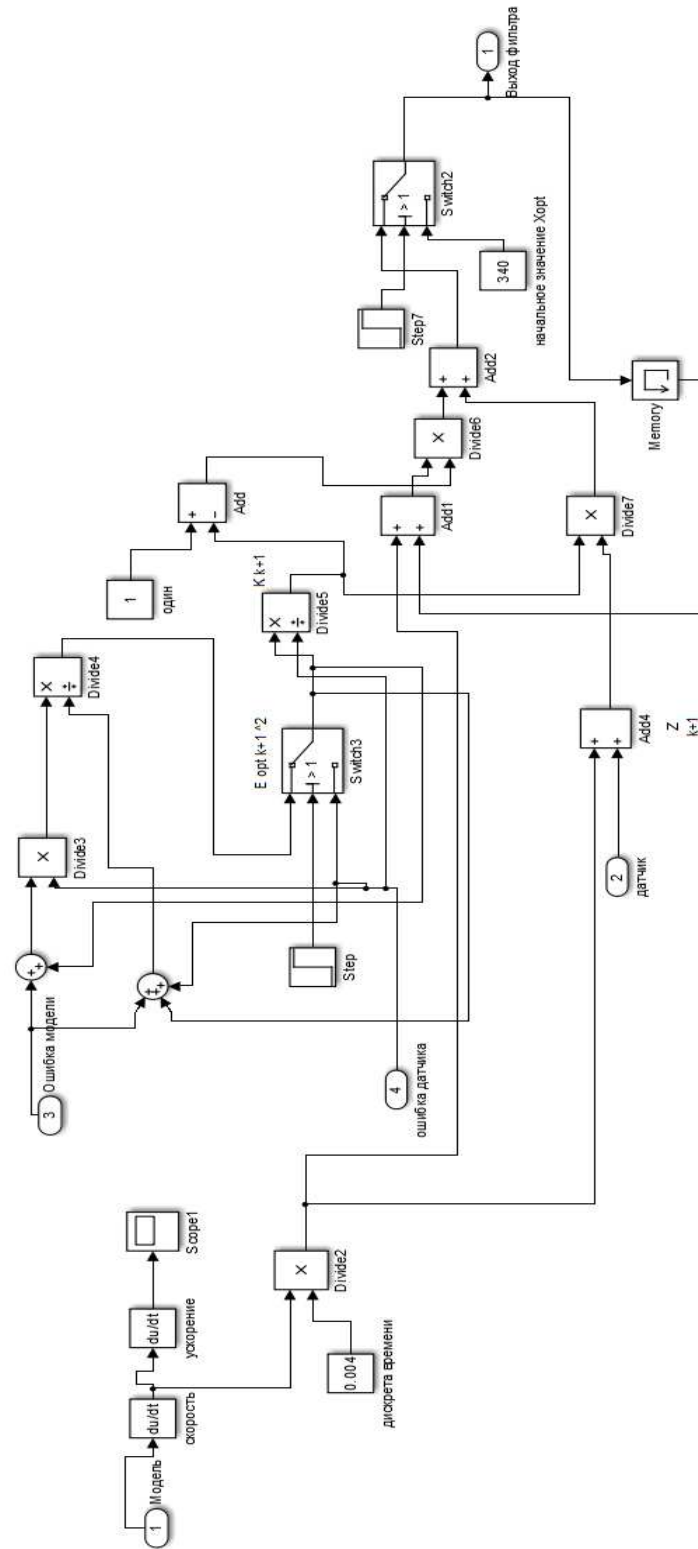


Рис. 1. Структурная схема фильтра Калмана

1) оптимальной ошибки:

$$E(e_{k+1}^2) = (1 - K)^2 (Ee_k^2 + \sigma_\xi^2) + K^2 \sigma_\eta^2; \quad (2)$$

2) коэффициента Калмана:

$$K_{k+1} = \frac{Ee_k^2 + \sigma_\xi^2}{Ee_k^2 + \sigma_\xi^2 + \sigma_\eta^2}, \quad (3)$$

где  $E(e_{k+1}^2)$  – оптимальное значение математического ожидания квадрата ошибки;  $\xi_k$  – ошибка датчика;  $\eta_k$  – ошибка модели;

3) оптимальной оценки идентифицируемого параметра с помощью приведенной выше формулы (1).

Задача проектирования алгоритма сводится к моделированию формул (1)–(3) для вычисления указанных величин на каждом шаге. За основу вычислений в алгоритмах фильтрации Калмана берутся дисперсии модели и датчика, полученные по данным стендовых и полетных испытаний ГТД.

Результаты фильтрации в контуре ДИ при подаче возмущения, обеспечивающего перемещение дозирующей иглы во всем рабочем диапазоне, показали правильность выбора алгоритмов идентификации (относительная погрешность 0,5 % соответствует заданным требованиям).

Апробация алгоритмов фильтрации по контуру расхода топлива производилась подключением разработанной оптимальной модели ДИ на вход линеаризованной модели ГТД. Кроме того, по приведенным выше соотношениям с применением теории матриц был спроектирован многомерный фильтр Калмана, который подключается на выход линеаризованной модели ГТД. Структурная схема модели многомерного фильтра Калмана, позволяющего производить одновременную фильтрацию по четырем параметрам – скоростям турбины высокого и низкого давления, температуре, давлению, приведена на рис. 2.

Четырехмерный фильтр смоделирован на основе модифицированного одномерного без рекурсии по оптимальной оценке идентифицируемого параметра. Рекурсивность фильтра определяется рекурсивностью выражения расчета оптимальной ошибки.



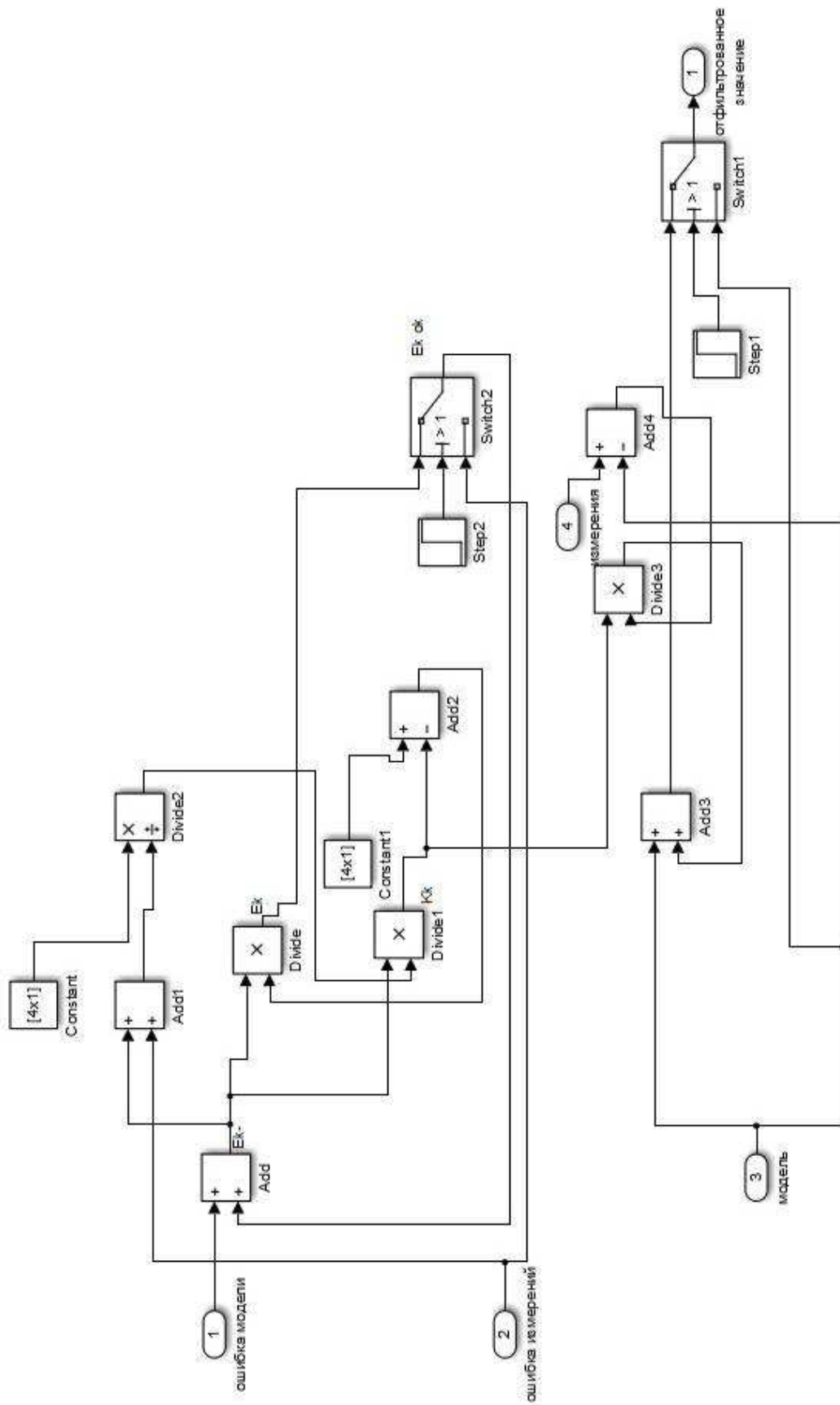


Рис. 2. Многомерный фильтр Калмана

Оптимальная ошибка рассчитывается как функция расчетного (модельного) значения и измерения датчика на данном шаге с учетом полученного коэффициента Калмана. В качестве исходных данных использовались матрицы значений среднеквадратичных отклонений моделей и измерений параметров.

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что применение одномерных и многомерных фильтров Калмана позволяет достичь более высоких показателей точности, чем аналогичные модели, применяемые на практике. Разработанная модель работает как в статическом, так и в динамическом режиме в условиях действия «жестких» внешних и внутренних возмущений в широком диапазоне режимов работы двигателя.

### **Библиографический список**

1. Браммер К. Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. – М.: Наука. 1980.
2. Августинович В.Г. Математическое моделирование авиационных двигателей. – Пермь: Изд.-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008.

## **ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ В ОАО «ПНППК»**

**Студент гр. АУЦ-106 ПНИПУ Е.С. Обухов**

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор  
кафедры МСА ПНИПУ *А.Н. Лыков*

Поскольку ОАО «ПНППК» функционирует в условиях высоко конкурентной рыночной среды, данному предприятию для выживания в такого рода среде необходимо развиваться быстрыми темпами. Обеспечением успешного развития любого современного предприятия является практика внедрения инноваций, касающихся деятельности предприятия, поэтому в компании ОАО «ПНППК» (далее – Компания) осуществляется деятельность по внедрению инноваций. С 2012 г. в Компании начата работа по внедрению методологии проектного управления как неотъемлемой части системы управления предприятием. Наряду с организационной инновацией, то есть внедрением методологии проектного управления, в данной организации внедрена информационная инновация, а именно произведено внедрение информационных систем для поддержки бизнес-процессов компании [1–4].

Цели и задачи внедрения проектного управления на ОАО «ПНППК»:

- качественно улучшить процесс проектирования и разработки нового продукта в ОАО «ПНППК» в условиях высокой конкуренции на рынке;
- сократить сроки вывода изделий Компании на рынок без ущерба для качества результатов их проектирования и разработки;
- стандартизировать бизнес-процессы по управлению проектами Компании в целом;
- внедрить информационное обеспечение для управления проектами (проектом, портфелем проектов, программами) по всему жизненному циклу на базе ИТ-решения.

В качестве методологической основы внедрения проектного управления на ОАО «ПНППК» был использован международный стандарт РМВоК (сумма профессиональных знаний по управлению) и национальные стандарты по проектному менеджменту в части требований к управлению проектом, портфелем проектов и программой.

Для управления основными бизнес-процессами предприятия, их интеграции, создания единого информационного пространства

и обеспечения технологии CALS на предприятии была внедрена ERP-система SAP R/3, которая, по оценке экспертов в области информационных технологий, является ведущей на рынке ERP-систем.

В системе R3 за управление проектами отвечает модуль PS. Для полноты картины о системе планирования на рис. 1 представлен фрагмент портфеля проектов ИТ-службы ОАО «ПНППК».

Название	Определение про...
SAP Portal	8213.0007
ДОКУМЕНТООБОРОТ. Развитие ИС	8213.0003
<b>ДОКУМЕНТООБОРОТ ЭЛЕКТРОННЫЙ</b>	<b>8213.0001</b>
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТАБЛО	8213.0004
КОРПОРАТИВНЫЙ ПОРТАЛ	8213.0002
КОРПОРАТИВНЫЙ САЙТ ПНППК. Развитие	8213.0005

Рис. 1. Фрагмент портфеля проектов ИТ-службы ОАО «ПНППК»

Структурный график проекта (рис. 2) описывает весь жизненный цикл с возможностью декомпозиции каждого из этапов.

Структура проекта: Обозначение	Идентификатор
ДОКУМЕНТООБОРОТ ЭЛЕКТРОННЫЙ	8213.0001
Внедрение СЭД LanDocs	8213.0001
ЭЛ/АРХИВ 8213.0001	8213.0001
ЭЛ/АРХИВ 8213.0001	8213.0001_01
Определение объекта автоматизации/Оценка	8213.0001_01.01
Определение Целей/Задач/Организационных Рисков	8213.0001_01.03
Организационная подготовка Пр	8213.0001_01.04
Теоретич/Подгот/Участников/Проекта	8213.0001_01.11
Определение вариантов реализации	8213.0001_01.05
Выбор ПО и поставщиков услуг	8213.0001_03.04
Планирование проекта	8213.0001_02
Планирование календарное	8213.0001_02.01
Планирование бюджета/затрат	8213.0001_02.02
Планирование ресурсов	8213.0001_02.03
Проектирование ИС	8213.0001_03
Бизнес-Моделирование (процессов)	8213.0001_01.02
Концептуальное проектирование	8213.0001_03.1
Рабочее проектирование ИС	8213.0001_04
ТЗ на разработку ИС/ПО	8213.0001_03.05
Разработка ПО	8213.0001_05
Настройка ИС	8213.0001_05.01
Разработка ПО (собствен)	8213.0001_05.02
Обеспечение ИС	8213.0001_12
Материальное обеспечение ИС	8213.0001_12.03
Техническое обеспечение ИС	8213.0001_12.01
Системное обеспечение ИС	8213.0001_12.02
Тестирование ИС/ПО	8213.0001_06
Тестирование ИС	8213.0001_06.1
Подготовка пользователей	8213.0001_08
Анализ/Решения/рез/Тестирования	8213.0001_06.03
Опытная эксплуатация	8213.0001_09
Опытная эксплуатация	8213.0001_09.1
Анализ/Решения/рез/ЭО	8213.0001_09.2
Промышленная эксплуатация	8213.0001_10
Запуск в ПЭ	8213.0001_10.1
Сопровождение эксплуатации ПО/ИС	8213.0001_11
Документирование ИС	8213.0001_07
Проектная документация	8213.0001_07.01
Нормативная документация	8213.0001_07.02
Рабочие инструкции/Регламенты	8213.0001_07.03

Идентификатор и выбор ракурсов	ОпределПроекта 8213.0001	ДОКУМЕНТООБОРОТ ЭЛЕКТРОННЫЙ
Статус	СистемныйСтатус ДЕВЛ	ПользовСтатус СТУЧ
Сферы ответственности	Ответственный 11645 Зак М.И.	Автор заявки 3909 Андреев А.Г.
Сроки	Срок начала 01.01.2011	Срок конца 31.12.2013
Организация	KE 1000	BE 1000
	Бизнес-сфера	Завод 1000
	Местоположение	ФункцияСфера
	МВР	Валюта проекта RUB

Рис. 2. Структурный график проекта

На этапе планирования проекта составляется план проекта в одном или нескольких видах: диаграмма Ганта, сетевой график, план график мероприятий.

Обычно используется только диаграмма Ганта, которая предназначена для графического отображения следующих аспектов:

- 1) задач проекта;
- 2) лиц, ответственных за выполнение задач;
- 3) зависимости задач от других задач и событий;
- 4) предполагаемых дат завершения задач.

Пример диаграммы Ганта представлен на рис. 3.

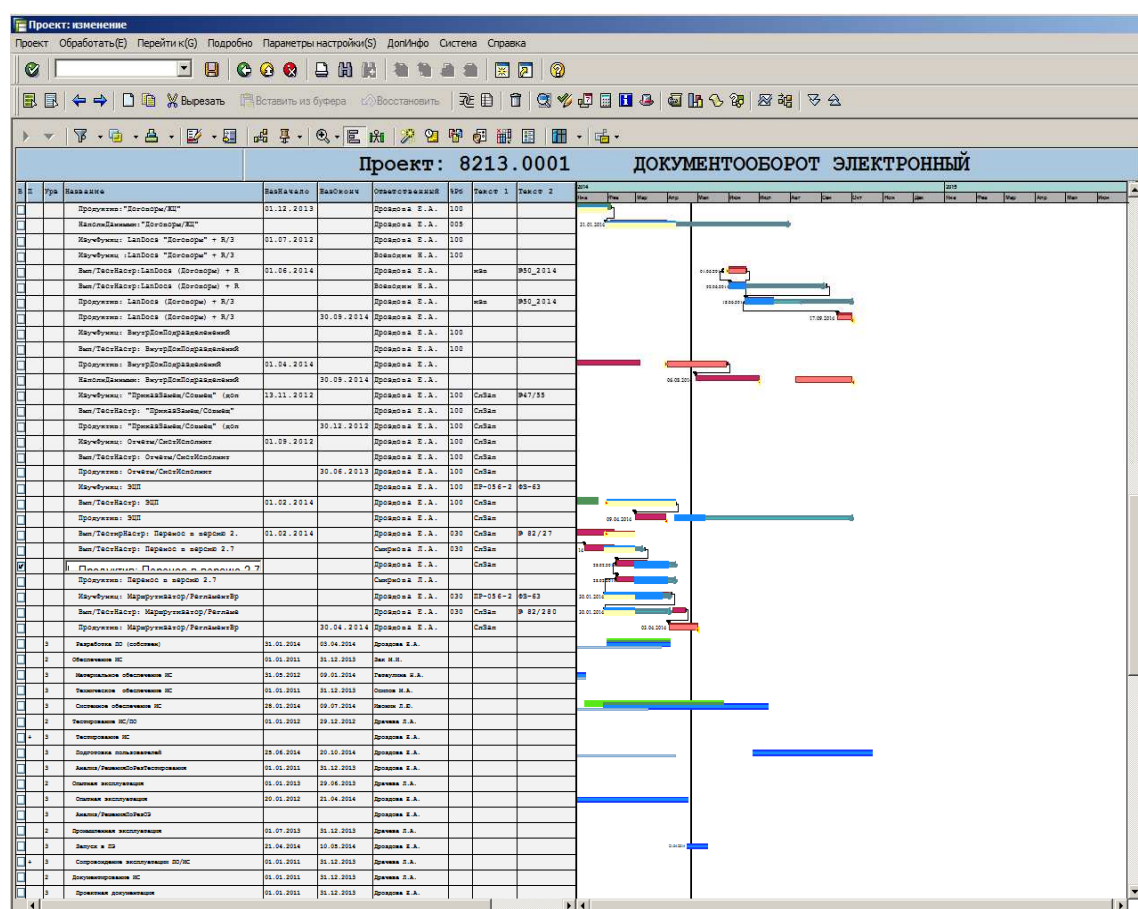


Рис.3. Диаграмма Ганта

Применительно к данному проекту в среде LANDocs: Администратор разрабатывались карты маршрутизации (рис. 4). Электронное согласование документов посредством этих карт позволяет сократить сроки исполнения проекта без ущерба качеству.

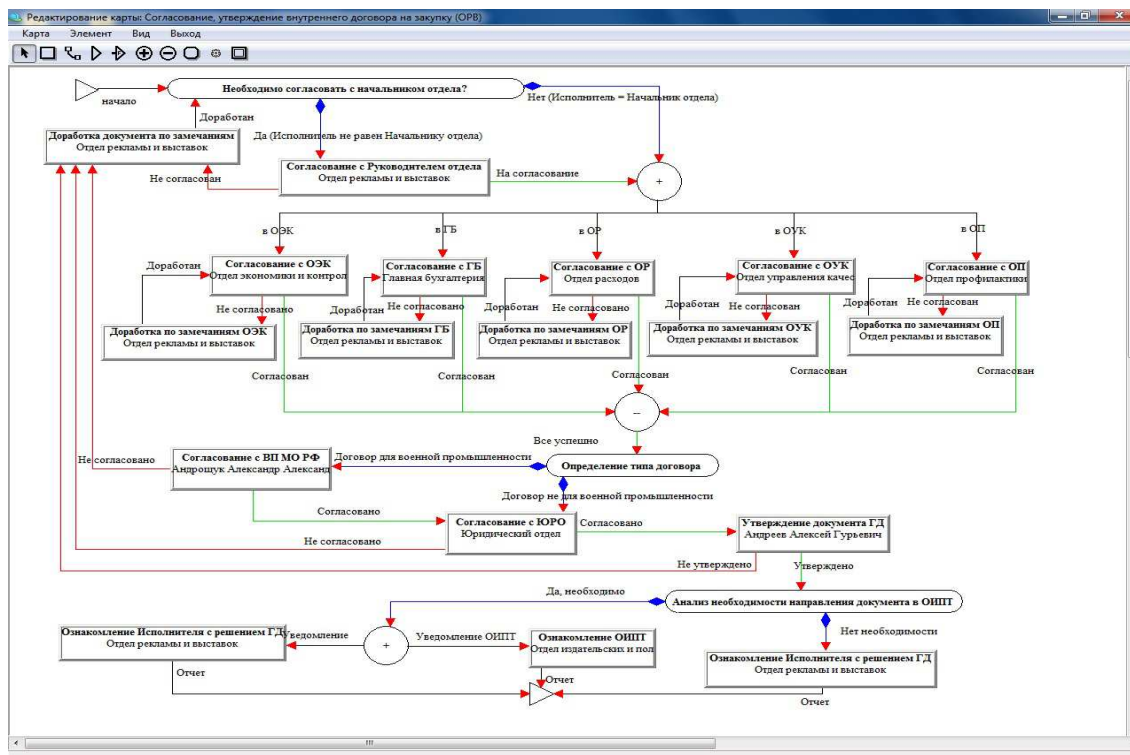


Рис. 4. Карта маршрутизации

За ходом разработки карт можно наблюдать через такой элемент модуля PS, как структура проекта (отслеживание плана/факта по срокам исполнения проекта, % выполнения и статусом работ). Структура проекта – элемент контроля.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 54869 – 2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом.
2. ГОСТ Р 54870 – 2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов.
3. ГОСТ Р 54871 – 2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению программой.
4. Официальный сайт ОАО «ПНППК». – URL: <http://www.ppk.perm.ru/index.asp>.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В Г. СОЛИКАМСКЕ**

**Студент гр. АУЦ-106 ПНИПУ Т.А. Пономарев**  
Научный руководитель – канд.техн.наук, профессор  
кафедры МСА ПНИПУ *А.Н. Лыков*

Электронный документооборот быстрыми темпами внедряется в нашу повседневную жизнь. Система электронного документооборота позволяет практически полностью избавиться от бумажных документов, тем самым существенно снизить затраты на канцелярию. Уменьшается время прохождения документа по цепочке согласования и исполнения и в связи с этим уменьшаются временные затраты сотрудников, что, в свою очередь, приводит к увеличению производительности труда в целом.

В настоящее время область здравоохранения переживает трудный период, в процессе которого необходимо осуществить переход от бумажного документооборота к электронному. Очереди и разбросанные медицинские карты – лишь часть неудобств, причиняемых бумажным документооборотом. Многие из нас сталкивались с длительной пересылкой медицинских карт из одного медицинского учреждения в другое, те, кому повезло меньше, и вовсе столкнулись с утратой документов. Во многих зарубежных государствах уже используются системы электронного документооборота. Например, в Нидерландах, доля врачей, использующих электронные медицинские документы, составляет 97 %, в Новой Зеландии – 90 %, в Дании – 75 %. Внедрение электронного документооборота позволило сократить административные издержки более чем на 50 %. Эффективность электронного документооборота была доказана на практике, поэтому его внедрение в нашей стране – лишь вопрос времени.

В рамках данной работы было рассмотрено, как можно решить данный вопрос в здравоохранении г. Соликамска. Изначальная структура документооборота не позволяла своевременно удовлетворять потребности медицинских учреждений. Вся информация была представлена в различных форматах, доставлялась различными способами с разной периодичностью. Решить данную проблему можно, создав единое информационное пространство, куда бы стекалась вся информация со всех учреждений (рисунок).

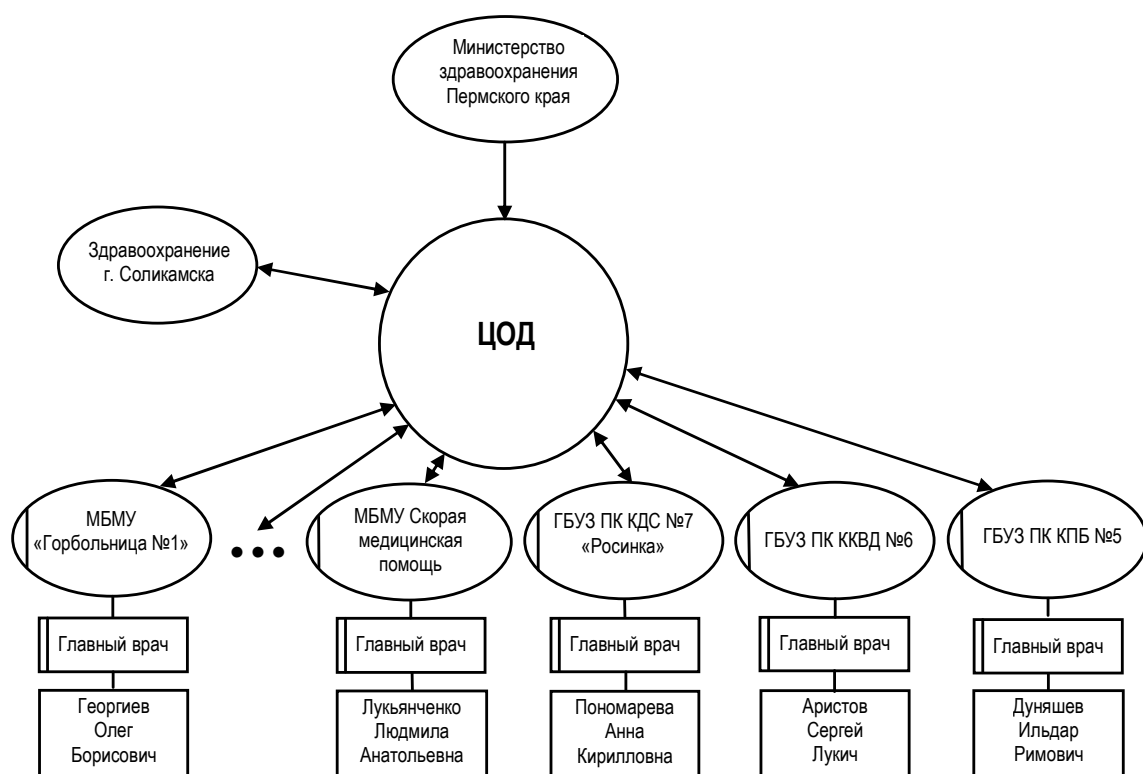


Рис. 1. Информационная структура медицинских учреждений г. Соликамска

Для реализации данной структуры требуется наличие единого центра обработки данных, который включает в себя базу данных, основанную на промышленной СУБД, выполненной на платформе *Microsoft SQL Server*. Так же на всех ПК, участвующих в работе структуры здравоохранения, требуется установить программное обеспечение «ПроМед». Данное программное обеспечение функционирует по модели SaaS (Software as a Services – программное обеспечение как услуга) на едином центре обработки данных для неограниченного числа пользователей. В ЦОД консолидируется вся информация, связанная с персонифицированным учетом оказанной медицинской помощи и управлением ресурсами здравоохранения региона. «ПроМед» обеспечивает информационный обмен между медицинскими учреждениями и органами управления здравоохранением.

Для повышения эффективности деятельности документооборота была построена математическая модель, на основе методологий IDEF0 и IDEF3, которая раскрывает деятельность документооборота изнутри.



Таким образом была создана структура, позволяющая реализовать электронный документооборот в здравоохранении г. Соликамска, а также создана математическая модель, которую можно использовать для автоматизации документооборота.

### **Библиографический список**

1. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем учеб. пособие / под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.

2. Информационные технологии в медицине. – URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/publichealth/article/ehealth.shtml>

3. URL: <http://www.tribuna.ru/publications/ielektronnyi-dokumentoorot.html>

## АППРОКСИМАЦИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Студент гр. АТ-10 ПНИПУ А.В. Пьянков  
Научный руководитель – канд.техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ Т.С. Леготкина

Возможность использования нечетких моделей для задач аппроксимации базируются на следующих результатах:

1. В 1992 г. Коско доказал теорему, согласно которой любая функциональная зависимость, заданная в компактном множестве, может быть аппроксимирована аддитивной нечеткой моделью (additive fuzzy system/model). Для достижения заданной точности аппроксимации необходимо определить число правил модели. Точность определяется с помощью минимального расстояния между центроидами двух смежных нечетких множеств, представляющих консеквенты правил, обозначаемых как  $y_j$  и  $y_{i+1}$ :

$$|y_i - y_{i+1}| < \frac{\xi}{2g - 1},$$

где  $\xi$  – точность аппроксимации;  $g$  – максимальное число перекрытий (антенцедентов по  $X$ ).

Для одномерной входной переменной число правил  $n \geq \frac{|x|}{\xi}$ .

2. В 1992 г. Ванг (Wang) показал, что нечеткая продукционная модель является универсальным аппроксиматором, если используют набор правил «И» ( $n \rightarrow \infty$ ) типа  $\Pi_j$ : ЕСЛИ  $x_1$  есть  $A_{i1}$  И ... И  $x_j$  есть  $A_{ij}$  И ... И  $x_m$  есть  $A_{im}$ , ТО  $y$  есть  $B_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ; при выполнении следующих условий:

– при гауссовских функциях принадлежности:

$$\mu_{A_{ij}}(x_j) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_j - a_{ij}}{b_{ij}}\right)^2\right], \quad \mu_{B_i}(y) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y - c_i}{d_i}\right)^2\right],$$

где  $a_{ij}, b_{ij}, c_i, d_i$  – параметры функций принадлежности;

– агрегировании степени истинности предпосылок правил в виде произведения:

$$\alpha_i = \mu_{A_{ij}}(x'_1) \dots \mu_{A_{ij}}(x'_j) \dots \mu_{A_{im}}(x'_m);$$

– активизации заключения правил в виде произведения:

$$\mu_{B_{ij}'}(y) = \alpha_i \mu_{B_{ij}}(y);$$

– методе «центра тяжести» при приведении к четкости:

$$y' = \frac{\sum_{r=1}^{Y_{\max}} y_r \cdot \mu_{B'}(y_r)}{\sum_{r=1}^{Y_{\max}} \mu_{B'}(y_r)},$$

где  $Y_{\max}$  – число элементов  $y_r$  в дискретизированной для вычисления «центра тяжести» области  $Y$ .

3. В дальнейшем многие исследователи показали, что свойство универсальной аппроксимации сохранится для различных типов продукционных моделей.

Можно отметить, что в нечетких продукционных моделях имеет место экспоненциальное возрастание числа нечетких правил при стремлении к нулю ошибки аппроксимации для заданной функции.

Сравним эффективность использования различных типов восстановления функций, базирующихся на интерполяционном полиноме Чебышева и на нечетких продукционных моделях Такаги–Сугэно, и определим точность аппроксимации.

Анализ проведем на примере функции  $y = \ln(1,5 + 0,5x)$ ,  $x \in [-1; 1]$ .

В соответствии с данной функцией можно получить  $y = f(x)$ .

Построим полином 3-й степени, приближающийся по Чебышеву к функции  $f(x) = \ln(1,5 + 0,5x)$  в интервале изменения  $x$   $[-1$  и  $1]$ .

Узлы для интерполяционного полинома Чебышева определяются по формуле:  $x_i = \cos\left(\frac{\pi \cdot 2i + 1}{4}\right)$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$ .

$$x_0 = -0,9239; \quad x_1 = -0,3827; \quad x_2 = 0,3827; \quad x_3 = 0,9239.$$

$$f(x_0) = 0,03736; \quad f(x_1) = 0,269; \quad f(x_2) = 0,5255; \quad f(x_3) = 0,6739.$$

В результате полином запишется в виде:

$$P(x) = 0,4059 + 0,3332x - 0,0588x^2 + 0,0132x^3.$$

Задавая значения  $x$  из заданного интервала, можно подсчитать значения полинома.

Аппроксимацию проведем в соответствии с алгоритмом Такаги–Сугэно:

1. Гауссовская функция принадлежности для  $x$  будет иметь вид:

$$\mu_{A_j}(x_j) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x_j - x^{(k)}}{b_{ij}} \right)^2 \right].$$

2. Зададимся дисперсией:  $b_{ij}=0,1$ ;  $x_j \in [-1;1]$ ,  $j = 1, \dots, 6$ . Дисперсию можно брать равной либо половине интервала между соседними реперными точками, либо целому интервалу.

3. Определим приближенное значение  $y_j$ :

$$y_j = \frac{\mu_{A_{11}}y_1 + \mu_{A_{12}}y_2 + \dots + \mu_{A_{16}}y_6}{\mu_{A_{11}} + \mu_{A_{12}} + \dots + \mu_{A_{16}}} = 0..$$

4. Результаты сведем в табл. 1.

Таблица 1

Результаты вычислений

$X^k$	$Y^k$	$Y(eksp)$
-1	0	0,02183
-0,6	0,182	0,17940
-0,2	0,336	0,33425
0,2	0,470	0,46831
0,6	0,588	0,58640
1	0,693	0,68053

При увеличении реперных точек до 9 получим (табл. 2).

Таблица 2

Результаты вычислений

$X^k$	$Y^k$	$Y(eksp)$
-1	0	0.00496
-0,75	0,118	0.11728
-0,5	0,223	0.22274
-0,25	0,318	0.31812
0	0,405	0.40518
0,25	0,486	0.48527
0,5	0,56	0.55941
0,75	0,629	0.62843
1	0,693	0.69043

Из таблицы видно, что точность аппроксимации стала выше при увеличении числа реперных точек (продукционных правил).

В соответствии с приведенным алгоритмом были восстановлены результаты аппроксимации в заданном диапазоне изменения входной переменной, определены абсолютная и относительная погрешности аппроксимации. Проведено исследование влияния величины дисперсии.

Все результаты по интерполяционному полиному Чебышева, по аппроксимационным нейронам, построенным для разного количества реперных точек (продукционных правил), сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты по интерполяционному полиному Чебышева

$x$	$y$ (точн. зн.)	Чебышев 3-й степе- ни	Нейрон по 6 точкам $e^{-12,5}$	Нейрон по 6 точкам $e^{-3,125}$	Нейрон по 5 точкам $e^{-8}$	$\Delta y$ (нейрон по 6 точкам)	$\Delta y$ (нейрон по 5 точкам)	$\delta$ (нейрон по 6 точкам)	$\delta$ (нейрон по 5 точкам)
-1	0	0,0007	0,0218	0,092	0,0267	0,022	0,027		
-0,9	0,0488	0,0498	0,0495	0,113	0,052	0,0007	0,004	0,14	0,08
-0,8	0,0953	0,0949	0,093	0,1365	0,091	0,0002	0,004	0,02	0,04
-0,7	0,01397	0,1392	0,14	0,1635	0,138	0,0003	0,0003	0,002	0,002
-0,6	0,182	0,1819	0,179	0,1933	0,1818	0,0003	0	0,016	0
-0,5	0,223	0,223	0,216	0,225	0,2187	0,007	0,004	0,031	0,018
-0,4	0,262	0,262	0,259	0,259	0,2537	0,003	0,008	0,011	0,03
-0,3	0,3	0,3	0,3	0,293	0,2926	0	0,003	0	0,01
-0,2	0,336	0,337	0,334	0,328	0,334	0,002	0,002	0,006	0,006
-0,1	0,371	0,372	0,366	0,362	0,371	0,005	0	0,013	0
0	0,405	0,4059	0,403	0,396	0,402	0,002	0,003	0,005	0,007
0,1	0,438	0,4386	0,439	0,429	0,431	0,001	0,007	0,002	0,015
0,2	0,47	0,4703	0,468	0,46	0,464	0,002	0,006	0,004	0,013
0,3	0,5	0,5	0,496	0,49	0,499	0,004	0,001	0,008	0,002
0,4	0,53	0,5306	0,529	0,518	0,53	0,001	0	0,002	0
0,5	0,559	0,5594	0,56	0,544	0,557	0,001	0,002	0,0017	0,0034
0,6	0,588	0,5875	0,5865	0,565	0,582	0,001	0,006	0,0017	0,01
0,7	0,615	0,6148	0,611	0,589	0,609	0,004	0,006	0,006	0,009
0,8	0,642	0,6416	0,639	0,607	0,638	0,003	0,004	0,0047	0,006
1	0,693	0,6935	0,68	0,637	0,677	0,013	0,016	0,018	0,023

Таким образом, если сравнить результаты аппроксимации с точными значениями, можно сделать вывод, что эффективнее применять интерполяционный полином Чебышева. Чуть менее точным будет нейрон по 6 точкам, самым неточным (из рассмотренных) будет нейрон по 5 точкам. Самая высокая погрешность получилась в начальной и в последней точках ( $x = -1$ ,  $x = 1$ ). Чтобы снизить погрешность, нужно увеличить число продукционных правил на интервалах вначале  $[-1; -0,9]$

и в конце  $[0,8; 1]$ . Соответственно, следует изменить и дисперсию на данных интервалах.

Было проведено исследование влияния помехи в выходном сигнале. В табл. 4 во втором столбце представлено расчетное значение выходной величины при условии, что в производственных правилах в выходной сигнал была замешана помеха ( $\xi = 10\%$ ).

Таблица 4

Сравнение экспериментальных данных с исходными

Точки аппроксимации	Экспериментальное значение	Исходное значение
$x = -1,000$	$v$ (с помехой = 0,00507	$Y = 0,000$
$x = -0,750$	$v$ (с помехой = 0,12007	$Y = 0,118$
$x = -0,500$	$v$ (с помехой = 0,22996	$Y = 0,223$
$x = -0,250$	$v$ (с помехой = 0,28997	$Y = 0,318$
$x = 0,000$	$v$ (с помехой = 0,39439	$Y = 0,405$
$x = 0,250$	$v$ (с помехой = 0,44637	$Y = 0,486$
$x = 0,500$	$v$ (с помехой = 0,51637	$Y = 0,560$
$x = 0,750$	$v$ (с помехой = 0,66770	$Y = 0,629$
$x = 1,000$	$v$ (с помехой = 0,75612	$Y = 0,693$

Как видно, метод аппроксимации с использованием производственных моделей обладает хорошей помехозащищенностью. Исследуемый метод аппроксимации легко распространяется на более сложные модели.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С НЕЧЕТКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

Студент гр. АТ-10 ПНИПУ Д.А. Ветчанинов

Научный руководитель – канд.техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ Т.С. Леготкина

Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: показания измерительных приборов (статистики) фаззифицируются (переводятся в нечеткий формат), обрабатываются (разрабатываются правила вывода), дефаззифицируются (в виде привычных сигналов подаются на исполнительные устройства).

Объектом нашего исследования является зерносушилка, которая управляется нечетким регулятором (рис. 1).

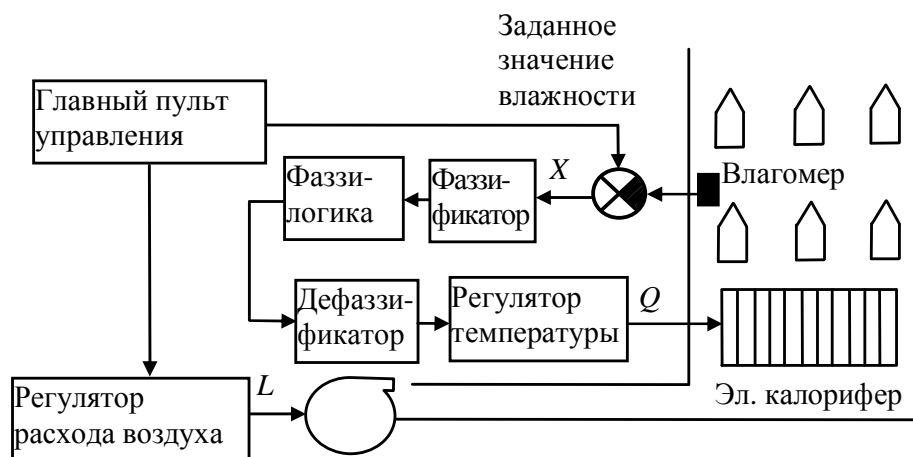


Рис. 1. Методика составления правил и вычисления логического вывода на примере работы шахтной зерносушилки

Основным способом сушки зерна является конвективный. Он возможен либо по параметрам высушиваемого материала (прямой способ), либо по параметрам сушильной камеры (косвенный).

Чаще пользуются косвенным путем, основанным на функциональной связи влажности высушиваемого зерна с параметрами сушильного процесса – температурой, относительной влажностью и скоростью воздуха, а также длительностью сушки.

Экспериментальным путем установлены оптимальные режимы конвективной сушки: температура воздуха  $Q = 30...40^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха  $\varphi = 50...60\%$ ; скорость движения воздуха  $v = 4...5$  м/с.

Основными управляющими воздействиями (входными координатами объекта) являются:

– количество поступающего тепла  $Q$  (обычно это тепло от калорифера);

– количество поступающего свежего воздуха  $L$ .

В данной системе заданное на текущий момент соотношение «температура–расход воздуха» определяется оператором системы. Оператор с главного пульта задает оптимальный режим, а дальнейший выход на режим и его поддержание производит нечёткий регулятор температуры подаваемого воздуха.

Собственно процесс сушки (уменьшение влагосодержания высушиваемого материала) может быть описано уравнением

$$-\frac{dx}{dt} = cx, \quad (1)$$

где  $x$  – параметр состояния объекта (избыточное влагосодержание),  $t$  – время,  $c$  – коэффициент сушки (зависит от конструкции сушилки).

Преобразуем уравнение (1):

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} + cx &= ky(t), \\ W(p) &= \frac{kT}{Tp + 1}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $T = \frac{1}{c}$ .

Примем  $c = 10$ ,  $k = 10$ .

Мы получили передаточную функцию, которую переводим в дискретный вид с помощью подстановки:

$$p = a \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}, \quad a = 100. \quad (3)$$

В качестве входных величин используется рассогласование (отклонение от нормы) между заданной и текущей влажностью зерна, которая измеряется влагомером, установленным внутри зерносушилки ( $x$ ), и первой производной этого рассогласования.

Отклонение влажности (ошибка регулирования)  $x$  находится в диапазоне от минус 15 до плюс 15 %. Для перехода к нечеткой переменной по отклонению влажности нужно принять какой-нибудь



вид функции принадлежности. В общем случае вид может быть абсолютно произвольным, однако существуют так называемые стандартные функции принадлежности.

В нечеткой логике вводится понятие лингвистической переменной, значениями которой являются не числа, а слова естественного языка, называемые терминами. Таким образом, с термином «лингвистическая переменная» можно связать любую физическую величину, для которой нужно иметь больше значений, чем только ДА и НЕТ (или 1 и 0). В этом случае определяется необходимое число терм и каждому из них ставится в соответствие некоторое значение описываемой физической величины.

Примем функцию принадлежности с тремя терминами: уменьшить (М), норма (Н) и увеличить (В) (рис. 2).

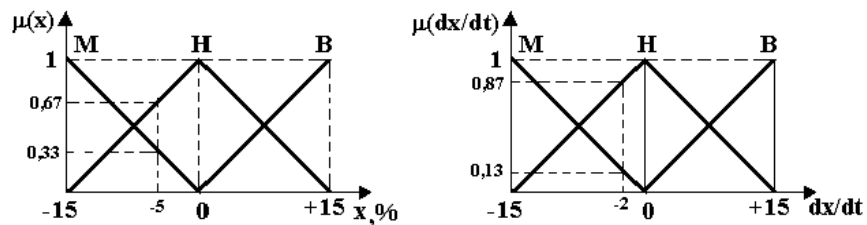


Рис. 2. Стандартная функция принадлежности с тремя терминами для входного сигнала и его производной

Для поддержания заданной влажности используем калорифер, управляющий сигнал на который поступает с выхода регулятора температуры. Потребляемая мощность  $P$  калорифера пропорционально связана с изменением температуры, поэтому выразим управляющий сигнал в единицах мощности в диапазоне от 0 до 4000 Вт и представим пятью терминами: сильно уменьшить (СМ), уменьшить (М), норма (Н), увеличить (В) и сильно увеличить (СВ) (рис. 3).

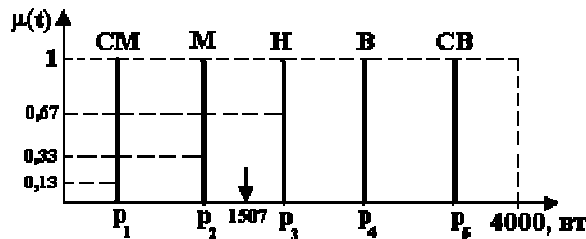


Рис. 3. Выходные термы

Примем значения мощностей калорифера:  $P_1 = 250$ ;  $P_2 = 1000$ ;  $P_3 = 2000$ ;  $P_4 = 3000$ ;  $P_5 = 3700$ .

Если влажность больше и ее значение не изменяется, то мощность калорифера увеличиваем. Через нечеткие переменные это правило можно записать следующим образом: если  $x = В$  и  $dx/dt = Н$ , то  $P = В$ .

Если влажность больше и ее значение увеличивается, то мощность калорифера сильно увеличиваем. Через нечеткие переменные это правило можно записать так: если  $x = В$  и  $dx/dt = В$ , то  $P = СВ$ .

Аналогично составляются остальные правила, которые представлены в таблице.

Таблица правил

Отклонения влажности ( $x$ )	Скорость изменения влажности ( $dx/dt$ )		
	М	Н	В
М	СМ	М	Н
Н	М	Н	В
В	Н	В	СВ

Далее осуществляется переход от нечетких значений величин к определенным физическим параметрам, которые могут служить командами исполнительному устройству. В соответствии с таблицей нечетких правил результат нечеткого вывода по каждому состоянию является нечетким. В примере с сушилкой команда для калорифера, представленная, например, СМ (сильно уменьшить мощность), для исполнительного устройства ровно ничего не означает.

Для устранения нечеткости окончательного результата (дефазификации) существует достаточно большое количество методов перехода к точным значениям (по крайней мере, 30). Наиболее часто применяется метод центра тяжести. Для принятой формы записи правил степень принадлежности antecedента каждого правила определяется по минимуму всех условий, т.е. для вывода имеют значения только правила, содержащие условия с ненулевыми степенями принадлежности:

- если  $x = М$  и  $dx/dt = М$ , то  $P = СМ$ ;
- если  $x = М$  и  $dx/dt = Н$ , то  $P = М$ ;
- если  $x = Н$  и  $dx/dt = М$ , то  $P = М$ ;
- если  $x = Н$  и  $dx/dt = Н$ , то  $P = Н$ .

На первом шаге определяется степень принадлежности всего antecedента правила с использованием оператора  $MIN(\dots)$ .

На втором шаге формирования нечеткого вывода определим степень принадлежности терм выходной переменной по максимуму.

Таким образом, при данном состоянии входных сигналов степени принадлежности терм выходной переменной имеют значения:

$$\{\mu_{CM}, \mu_M, \mu_H, \mu_B, \mu_{CB}\} = \{0,13; 0,33; 0,67; 0; 0\}.$$

Для перехода от нечетких выводов к управляющему воздействию используем формулу дефаззификации по методу центра тяжести:

$$P = \frac{P_1\mu_{CM} + P_2\mu_M + P_3\mu_H + P_4\mu_B + P_5\mu_{CB}}{\mu_{CM} + \mu_M + \mu_H + \mu_B + \mu_{CB}}. \quad (4)$$

Например, в нашем случае

$$P = \frac{250 \cdot 0,13 + 250 \cdot 0,13 + 250 \cdot 0,13 + 250 \cdot 0,13 + 250 \cdot 0,13}{0,13 + 0,33 + 0,67 + 0 + 0} = 1507. \quad (5)$$

Таким образом, получено значение установки мощности калорифера.

Система была промоделирована в среде *SCADE Suite*, которая представляет собой комплект средств разработки программного обеспечения. Комплекс *SCADE Suite* используется для моделирования и создания систем управления.

На рис. 4 представлена структурная схема системы управления сушилкой.

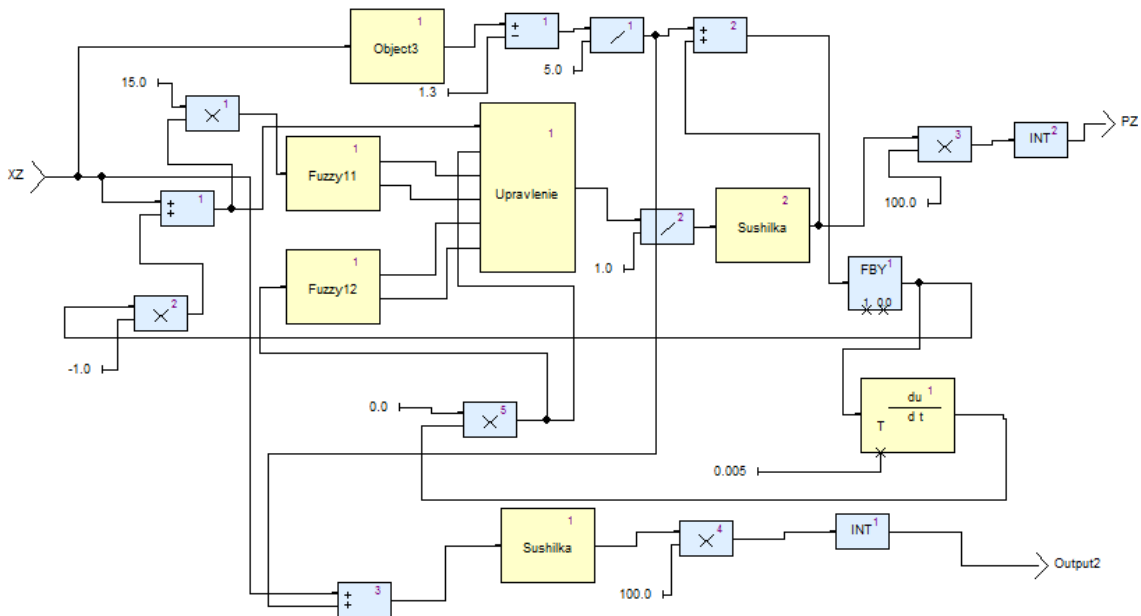


Рис. 4. Структурная схема системы

В блоках *Fuzzy11* и *Fuzzy12* строятся функции принадлежности  $\mu(x(t))$ ,  $\mu(dx/dt)$ . В блоке *Upravlenie* заложены правила обработки сигналов. В блоке *Sushilka* представлена передаточная функция объекта. Блок *Object3* использован для моделирования изменения влажности. Остальные блоки в структурной схеме представляют математические операции.

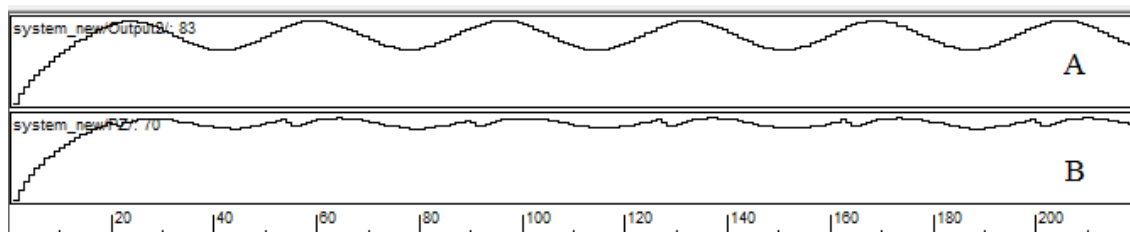


Рис. 5. Осциллограммы переходного процесса

На рис. 5 представлены осциллограммы переходных процессов для системы без управления (А) и с нечетким управлением (В). Амплитуда колебаний при нечетком управлении меньше, чем без управления.

## **ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ**

**Студент гр. АУЦ-106 ПНИПУ В.В. Бариев**

Научный руководитель – ассистент  
кафедры МСА ПНИПУ А.П. Честиков

В данной работе описывается процесс внедрения методологии проектного управления на предприятии ОАО «ПНППК».

Развитие современной мировой экономики характеризуется усилением конкуренции на мировых рынках и ставит перед промышленниками и предпринимателями в качестве основной задачи экономию ресурсов (материальных, интеллектуальных, информационных и временных), привлекаемых для реализации конкретного проекта или программы на всех стадиях жизненного цикла изделий, от разработки и производства до модернизации и утилизации. Внедрение методологий проектного управления позволяет сократить сроки вывода изделий компаний на рынок без ущерба для качества, за счет оптимального планирования и учета использованных ресурсов предприятия, необходимых для реализаций всех проектов компаний.

Для управления основными бизнес-процессами предприятия, их интеграции, создания единого информационного пространства и обеспечения технологии *CALS* на предприятии была внедрена *ERP* система *SAP R/3*, которая, по оценке экспертов в области информационных технологий, является ведущей на рынке *ERP*-систем.

Внедрение проектного управления на предприятиях проводится в соответствии с международным стандартом *PMBoK* (Project Management Body of Knowledge) и национальными стандартами по проектному менеджменту в части требований к управлению проектом, портфелем проектов и программой.

Согласно *PMBoK* проект – это временное действие, которое выполняется для создания уникального продукта или услуги. Временное обозначает, что каждый проект имеет свои определенные начало и конец. Уникальный обозначает, что продукт или услуга принципиально отличается от других аналогичных продуктов или услуг, так как принципиально отличаются условия создания этого продукта или этой услуги в каждом проекте.

На основе *PMBoK* в компании были разработаны концептуальные нормативные документы, описывающие методологию и технологию данного нововведения:

1. Положение «Об управлении проектами ОАО «ПНППК»». В этом положении изложена система принципов и способов организаций и построения теоретической и практической деятельности предприятия.

2. Положение «Общие требования к применению систем автоматизированного проектирования и систем управления данными».

3. Положение «Об информации и документации ОАО «ПНППК»». Положение описывает совокупность методов, процессов, инструментов и материалов, используемых для реализаций методологий на практике.

Стандартная классификация проектов была утверждена для использования. Согласно утвержденной классификации все проекты, реализующиеся в ОАО «ПНППК», подразделяются на три группы:

- проекты НИОКР;
- инвестиционные проекты ;
- организационные проекты.

После этого были определены классы автоматизированных информационных систем предприятия, используемых для информационной поддержки всех бизнес-процессов предприятия. Проработана архитектура единой информационной системы (ИС) компании, построенной на базе интегрированного ИТ-решения (рисунок).

Реализация проекта компании проводилась в соответствии со стандартом *PMBoK*, согласно которому жизненный цикл проекта будет представлен в рамках следующих пяти процессов проектного управления:

- 1) инициация;
- 2) планирование;
- 3) исполнение;
- 4) контроль исполнения;
- 5) принятие решений по продлению или завершению проекта.

В ходе процесса инициации получают разрешение на открытие проекта, определяются изначальные цели и содержание проекта, выделяются финансовые ресурсы. Для каждого проекта определяется заказчик, а также назначаются куратор и руководитель проекта. На данном этапе должны быть определены цели, технико-экономическое обоснование и ожидаемые результаты проекта, организационная

структура и ожидаемая загрузка мощностей, риски проекта и ограничения (стоимость, сроки, качество, содержание), а также информация об отчетности по проекту и загрузке бригады.

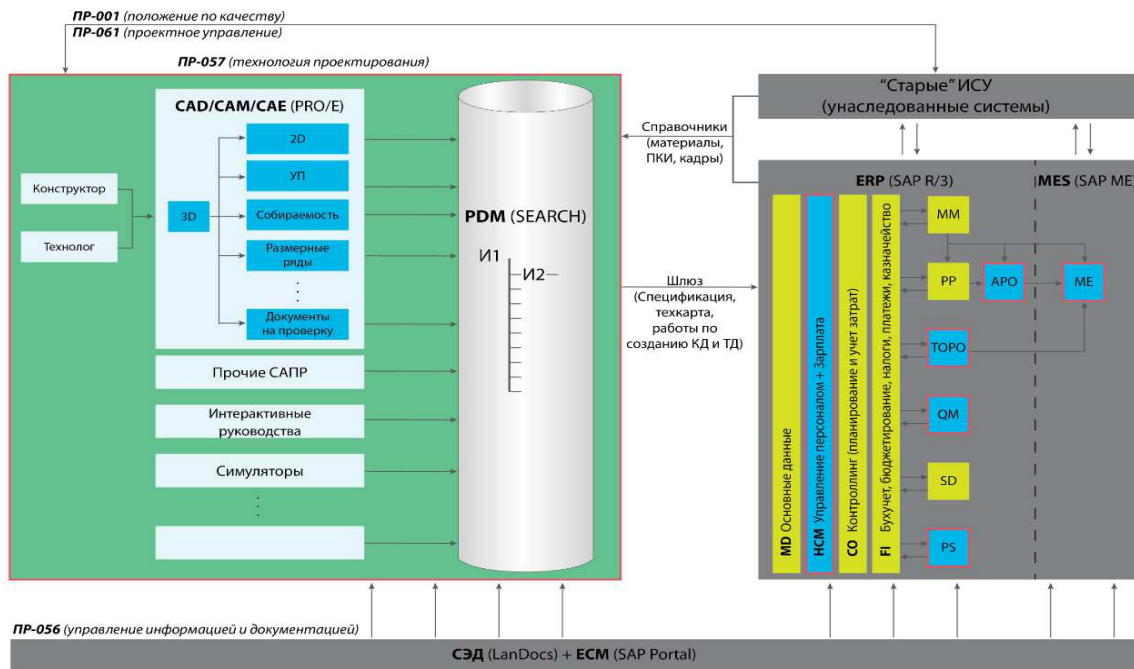


Рис. Архитектура единой ИС предприятия

В ходе процесса планирования разрабатывается последовательность действий, требуемых для достижения целей проекта. Процесс планирования проекта подразумевает составление плана работ, который разрабатывается в виде иерархической структуры работ, в основании которой лежит продукт проекта.

Процесс исполнения включает в себя координацию ресурсов (в том числе трудовых) для выполнения операций проекта в соответствии с планом проекта. Исполнение проекта ведется в зависимости от его типа в соответствии с необходимой регламентирующей и нормативной документацией. Решение о завершении отдельных этапов принимает руководитель проекта. Ход проекта должен отражаться в информационной системе управления проектами.

Процесс контроля исполнения проекта предполагает отслеживание, анализ и регулирование хода и эффективности выполнения проекта, выявление тех областей, в которых требуется внесение изменений в план и в другую документацию проекта. Руководитель должен постоянно отслеживать ход выполнения проекта согласно плану проекта и при необходимости разрабатывать и применять предупреждающие

действия в отношении возможных проблем. Процесс принятия решений по продлению или завершению проекта состоит в документальном закрытии всех операций проекта.

Внедрение методологий позволило решить ряд проблем и улучшить процесс ведения проекта.

Благодаря разработке нормативных документов создана система планирования работ по проекту. Исключено дублирование информации благодаря централизованному ее хранению в единой информационной базе, *SAP R/3* модуля *PS*. Обеспечены прозрачность и управляемость компании при одновременном ведении большого количества проектов различной сложности и объема.

### **Библиографический список**

1. Project Management Institute. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®). – 4-е изд. – М., 2008.
2. Официальный сайт ОАО «ПНППК». – URL: <http://www.ppk.perm.ru/index.asp>



**Секция III**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПОНИЖЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ В СИСТЕМЕ КООРДИНАТ $d-q$

Студентка гр. ЭМ-10-1с ПНИПУ В.А. Субботина

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ М.Е. Тюленев

В настоящее время состояние энергосистем в России далеко от идеального. Нас заинтересовало, возможно ли запустить синхронную машину в местах с пониженным напряжением в сети.

Рассмотрим явнополюсный синхронный двигатель (СД), у которого присутствует демпферная короткозамкнутая обмотка.

Исходные данные:  $L_d = 1,024$  о.е. – индуктивность обмоток статора по продольной оси;  $L_q = 0,593$  о.е. – индуктивность обмоток ротора по поперечной оси;  $L_{ad} = 0,926$  о.е. – индуктивность взаимоиндукции по продольной оси;  $L_{aq} = 0,495$  о.е. – индуктивность взаимоиндукции по поперечной оси;  $L_f = 1,116$  о.е. – индуктивность обмотки возбуждения;  $L_{yd} = 1,029$  о.е. – индуктивность демпферной обмотки по продольной оси;  $L_{yq} = 0,598$  о.е. – индуктивность демпферной обмотки по поперечной оси;  $R_c = 0,011$  о.е. – активное сопротивление статора;  $R_f = 0,0213$  о.е. – активное сопротивление обмотки возбуждения;  $R_{yd} = R_{yq} = 0,049$  о.е. – активное сопротивление демпферной обмотки;  $J = 188$  о.е. – приведенный момент инерции;  $m_{c0} = 0,1$  о.е. – начальный момент сопротивления;  $k_{m_c} = 0,5$  о.е. – коэффициент момента сопротивления;  $U_{сн} = 1$  о.е. – номинальное напряжение сети;  $U_f = 0,0374$  о.е. – напряжение возбуждения;  $t(c) = t(\text{о.е.})t_{\text{базовое}} = t(\text{о.е.})/(2\pi f) \approx t(\text{о.е.})/314$ ;  $\omega_0 = 1$  – круговая частота.

Уравнения баланса напряжений статора\*:

$$\begin{aligned}U_a &= d\psi_a / dt + R_c \cdot i_a ; \\U_b &= d\psi_b / dt + R_c \cdot i_b ; \\U_c &= d\psi_c / dt + R_c \cdot i_c ;\end{aligned}\tag{1}$$

---

\* Электрические машины (специальный курс) / Г.А. Сипайлов [и др.]. – М.: Высшая школа, 1987. – 287 с.

Уравнения баланса напряжений ротора:

$$U_f = d\Psi_f / dt + R_f \cdot i_f - \text{уравнение обмотки возбуждения}; \quad (2)$$

$$0 = d\Psi_{yk} / dt + R_{yk} \cdot i_{yk} - \text{уравнение успокоительной обмотки}, \quad (3)$$

где  $k = 1..N_{ст}$ ;  $N_{ст}$  – количество стержней.

Эти уравнения характеризуют электромагнитное состояние машины, но при рассмотрении электромеханических переходных процессов нужно добавить уравнение движения:

$$d\omega / dt = (m - m_c) / J. \quad (4)$$

Также добавляется уравнение, описывающее угловое положение ротора  $\gamma$ :

$$d\gamma / dt = \omega. \quad (5)$$

Поскольку количество уравнений очень большое и решение их трудоёмко, необходимо после координатных преобразований перейти к единой системе координат, связанной с ротором.

Переходные процессы СД в соответствии с математической моделью обобщённой ЭМ в осях  $d$ – $q$  описываются следующим образом (рис. 1):

$$\left\{ \begin{array}{l} u_d = d\Psi_d / dt - \omega \cdot \Psi_q + R_c \cdot i_d, \\ u_q = d\Psi_q / dt + \omega \cdot \Psi_d + R_c \cdot i_q, \\ u_f = d\Psi_f / dt + R_f \cdot i_f, \\ 0 = d\Psi_{yd} / dt + R_{yd} \cdot i_{yd}, \\ 0 = d\Psi_{yq} / dt + R_{yq} \cdot i_{yq}, \\ d\omega / dt = (m - m_c) / J_{\Sigma}, \\ m_c = m_{c0} + \omega^2 \cdot k_{mc}, \\ d\theta / dt = 1 - \omega, \\ m = \Psi_d \cdot i_q - \Psi_q \cdot i_d. \end{array} \right. \quad (6)$$

Токи находим из векторного уравнения

$$\vec{\Psi} = \vec{L} \times \vec{I}, \quad (7)$$

где

$$\vec{\Psi} = \begin{pmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \\ \Psi_f \\ \Psi_{yd} \\ \Psi_{yq} \end{pmatrix}, \quad \vec{I} = \begin{pmatrix} i_d \\ i_q \\ i_f \\ i_{yd} \\ i_{yq} \end{pmatrix},$$

$$\vec{L} = \begin{pmatrix} L_d & 0 & L_{ad} & L_{ad} & 0 \\ 0 & L_q & 0 & 0 & L_{aq} \\ L_{ad} & 0 & L_f & L_{ad} & 0 \\ L_{ad} & 0 & L_{ad} & L_{yd} & 0 \\ 0 & L_{aq} & 0 & 0 & L_{yq} \end{pmatrix}.$$

Напряжение статора определяется проекциями изображающего вектора на координатные оси:

$$u_q = U_c \cdot \cos(\theta); \quad u_d = -U_c \cdot \sin(\theta), \quad (8)$$

где  $\theta$  – угол нагрузки.

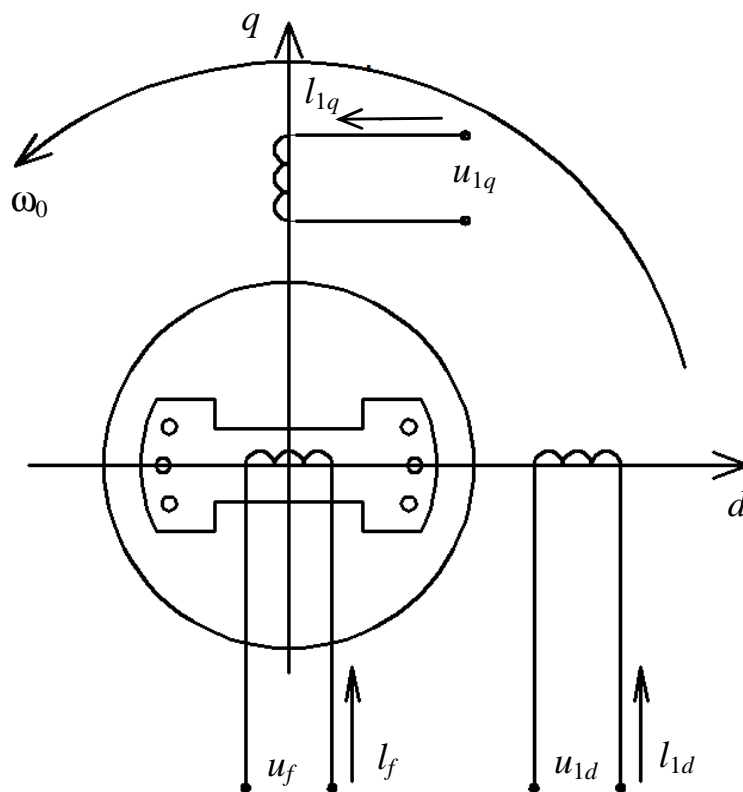


Рис. 1. СД в системе координат  $d$ - $q$



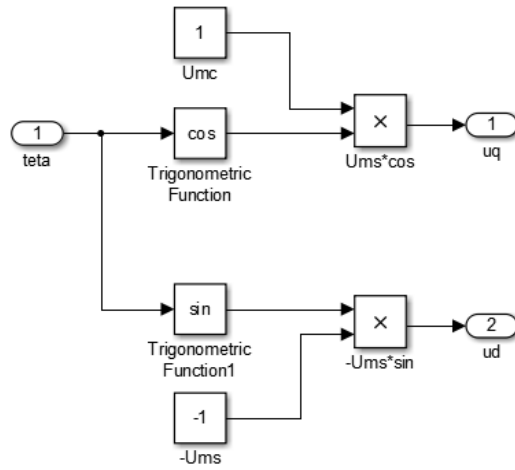


Рис. 3. Блок вычисления напряжений статора *Napryazheniya*

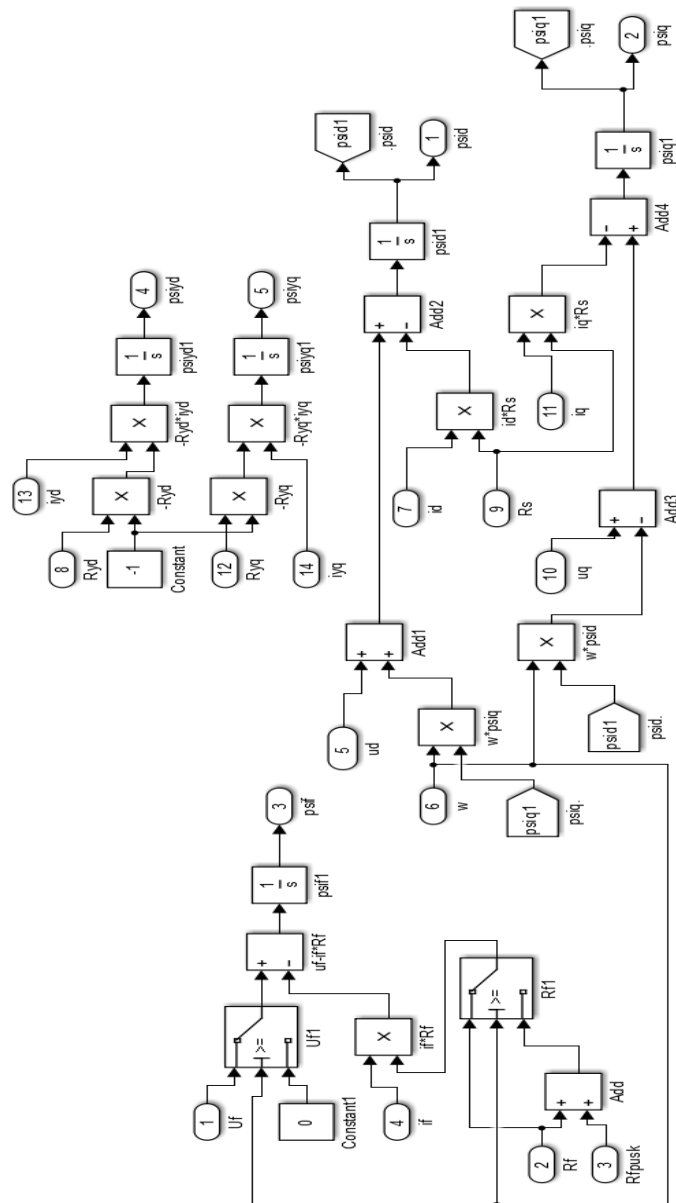


Рис. 4. Блок интегрирования потоковсцеплений *Potokoscepleniya*

В данном исследовании применяется асинхронный пуск в ход СД. Для этого на время пуска обмотка возбуждения отключается от источника ее питания и замыкается на разрядное сопротивление, в 5 раз большее. После того как двигатель разгонится до скорости, близкой к синхронной ( $\omega \geq 0,95$ ), основная роторная обмотка переключается на источник возбуждения. Далее рассмотрим асинхронный пуск с напряжением сети:  $U_c = U_{сн}$ ;  $0,8U_{сн}$ ;  $0,7U_{сн}$ ;  $0,5U_{сн}$  (рис. 5–12).

1)  $U_c = U_{сн}$

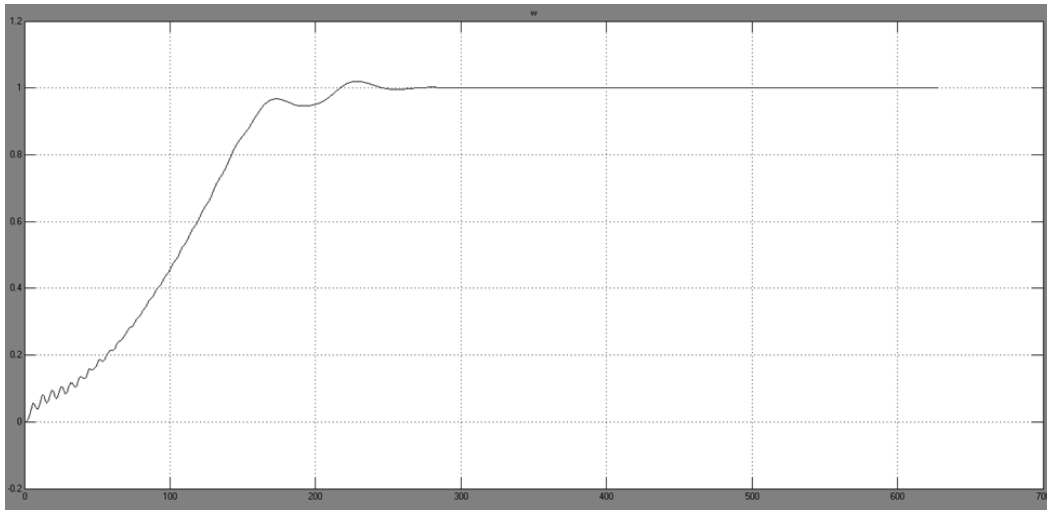


Рис. 5. График изменения скорости вращения ротора при  $U_c = U_{сн}$

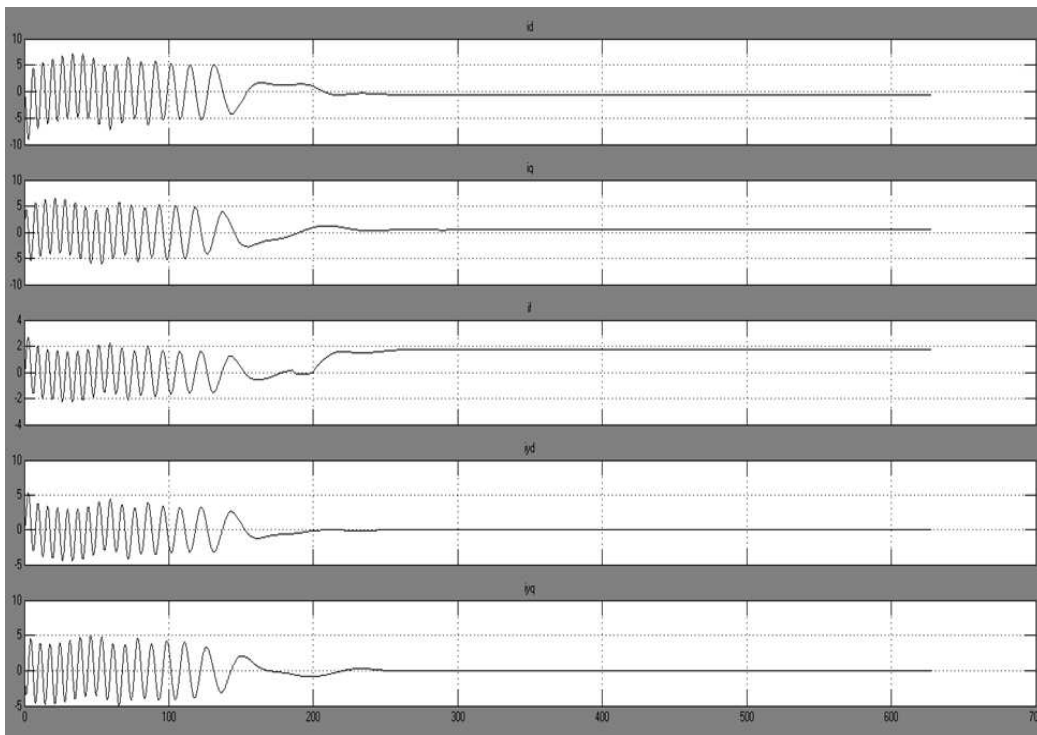


Рис. 6. Графики изменения токов при  $U_c = U_{сн}$

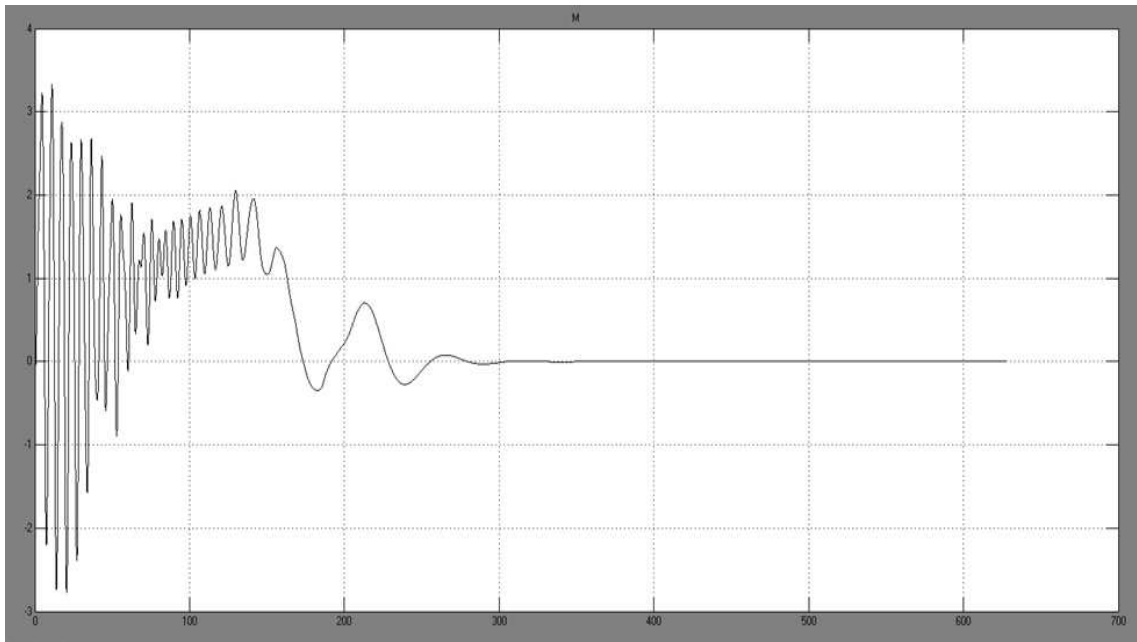


Рис. 7. Графики изменения динамического момента при  $U_c = U_{сн}$

Из рис. 5–7 видно, что в данном случае двигатель выходит на синхронную скорость примерно за  $t = 300$  о.е., а пусковые токи превышают пятикратные значения.

2)  $U_c = 0,8U_{сн}$

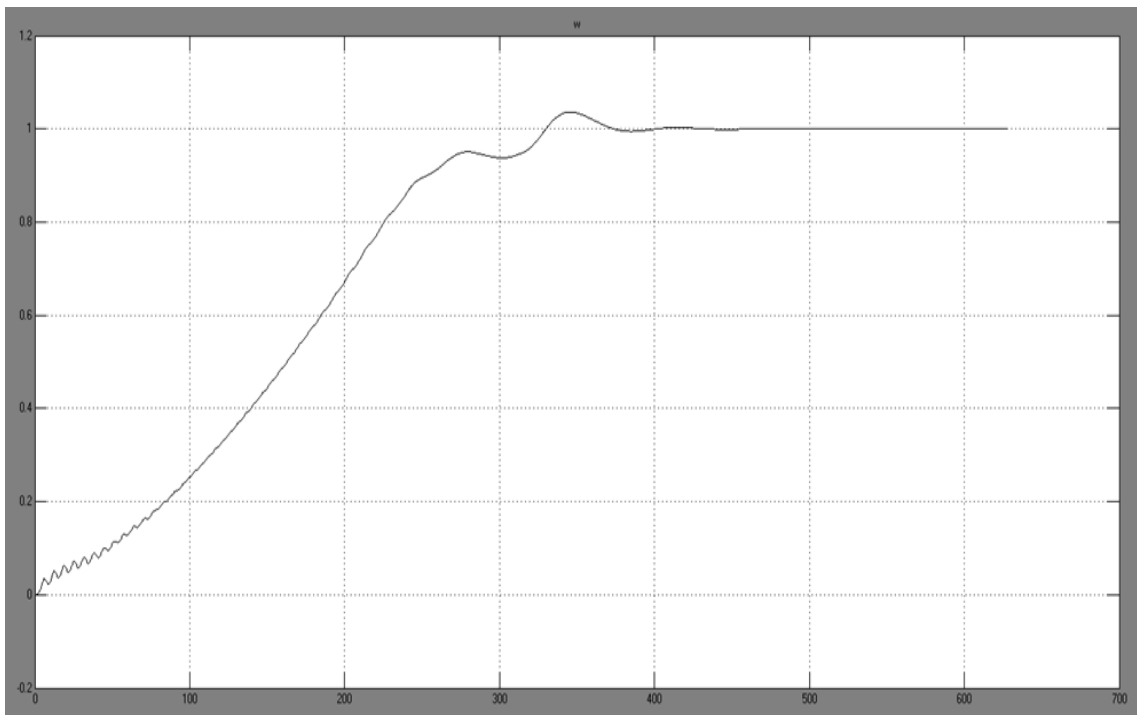


Рис. 8. Графики изменения скорости вращения ротора при  $U_c = 0,8U_{сн}$



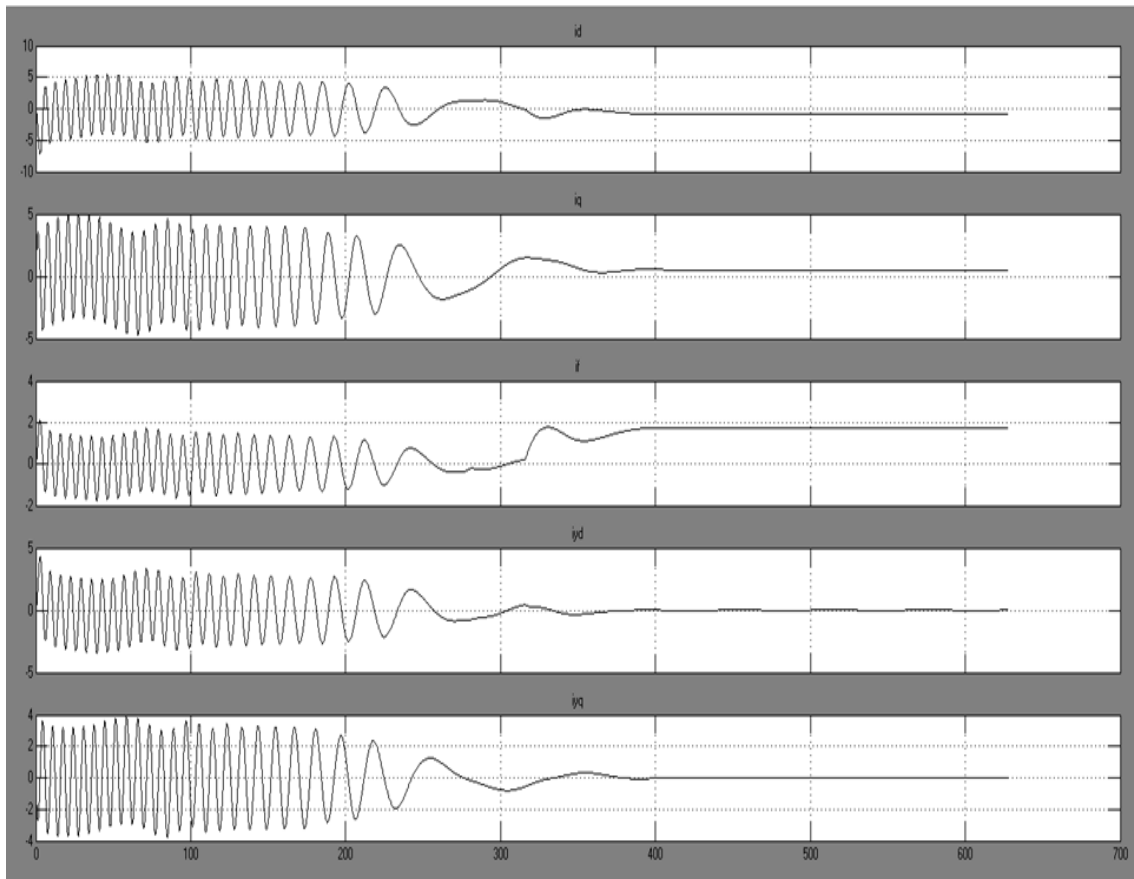


Рис. 9. Графики изменения токов при  $U_c = 0,8U_{сн}$

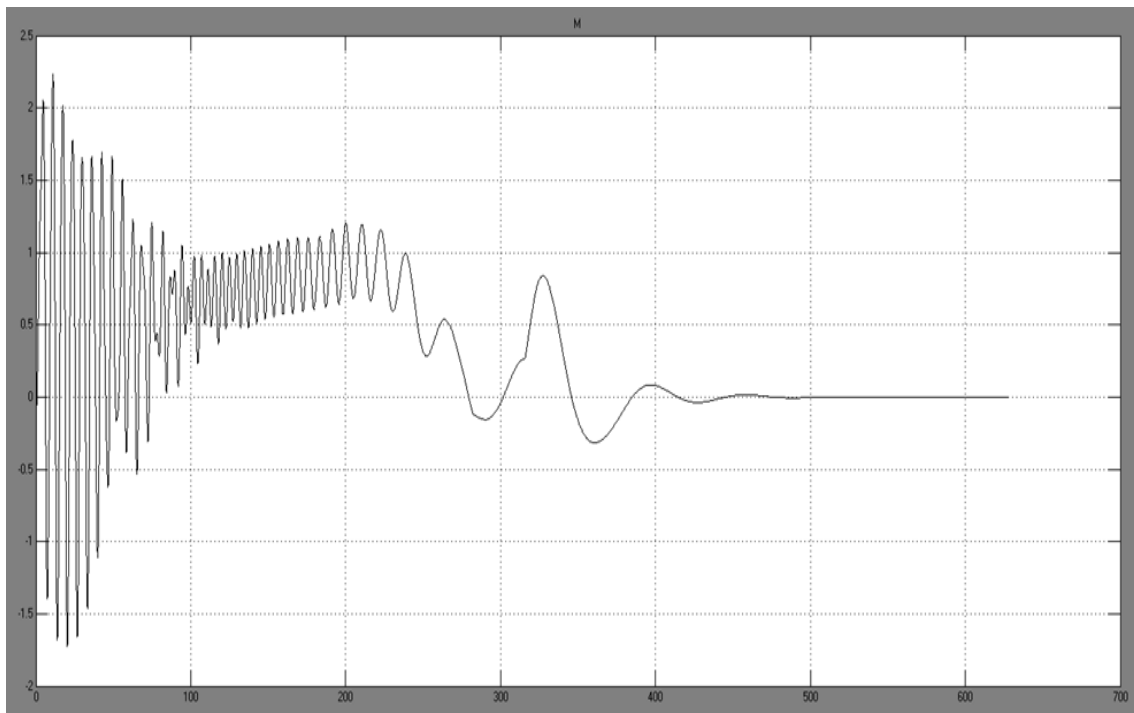


Рис. 10. График изменения динамического момента при  $U_c = 0,8U_{сн}$

При сравнении графиков можно заметить, что пусковые токи и момент уменьшаются. Поэтому далее приведены только графики скоростей вращения ротора при различных напряжениях сети.

3)  $U_c = 0,7U_{сн}$

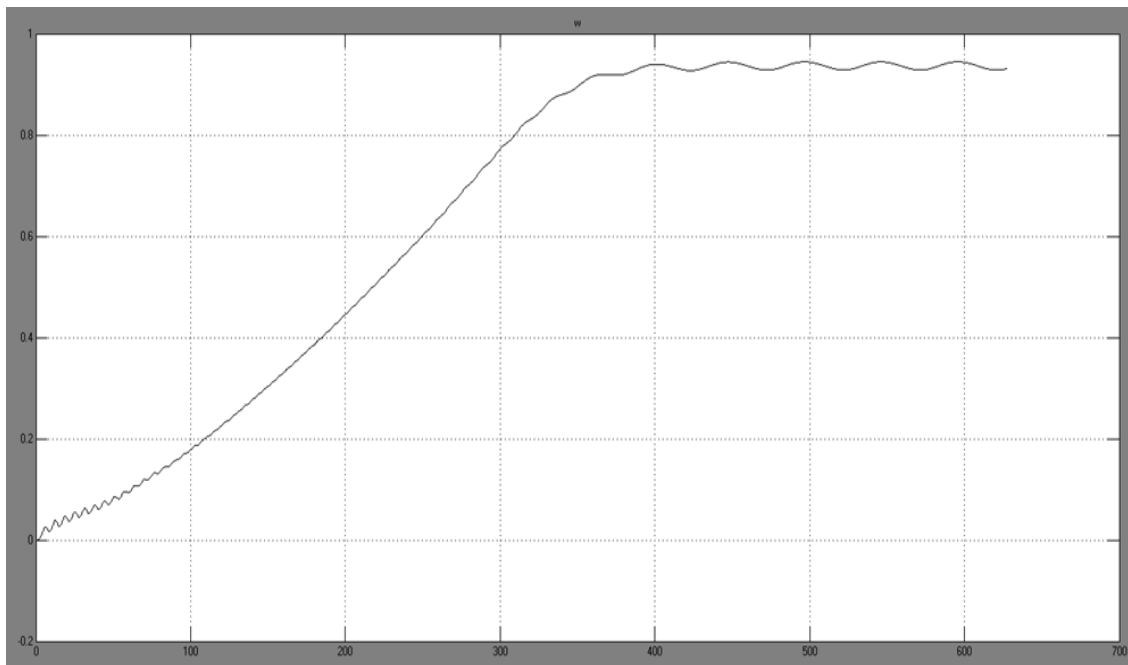


Рис. 11. График изменения скорости вращения при  $U_c = 0,7U_{сн}$

4)  $U_c = 0,5U_{сн}$

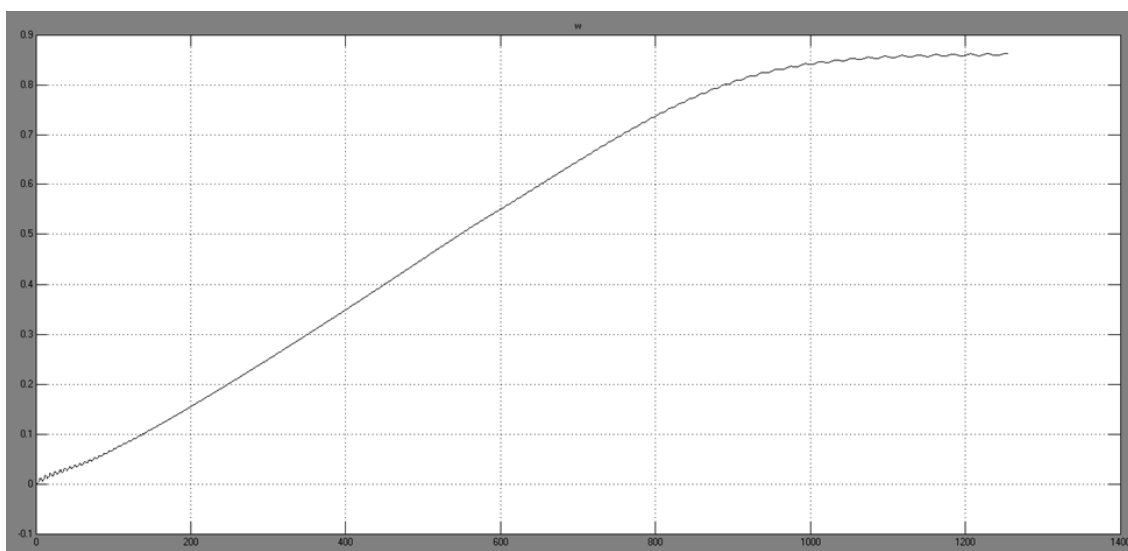


Рис.12. График изменения скорости вращения ротора при  $U_c = 0,5U_{сн}$

## **Выводы**

1) При пониженном напряжении сети пусковые токи, а следовательно, и моменты будут меньше.

2) Чем меньше напряжение, тем больше времени нужно для пуска в ход двигателя.

3) Если напряжение в сети понижено более чем на 27 %, то двигатель не может выйти на подсинхронную скорость.

4) Также стоит подчеркнуть, что в данной модели использовалась нагрузка центробежного характера с начальным моментом сопротивления  $m_{c0} = 0,1$  о.е. Это видно из уравнений (6).

## ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ НА РАБОТУ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ

**Студентка гр. ЭМ-10-1с ПНИПУ Г.Н. Давлетбаева**  
 Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
 кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ *М.Е. Тюленев*

Целью данного исследования является сравнение влияния падений напряжения на работу двигателей с одинаковыми параметрами, но разным характером момента сопротивления – центробежным и постоянным. Исследование проводим с использованием математической модели в неподвижной системе координат  $\alpha$ – $\beta$ . В общем случае состояние обобщенной электрической машины описывается системой пяти дифференциальных уравнений (1), связывающих между собой электромагнитные и механические величины\*:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\psi_{s\alpha}}{dt} = U_{s\alpha} - R_s \cdot i_{s\alpha}, \\ \frac{d\psi_{s\beta}}{dt} = U_{s\beta} - R_s \cdot i_{s\beta}, \\ \frac{d\psi_{r\alpha}}{dt} = -\omega \cdot \psi_{r\beta} - R_r \cdot i_{r\alpha}, \\ \frac{d\psi_{r\beta}}{dt} = \omega \cdot \psi_{r\alpha} - R_r \cdot i_{r\beta}, \\ \frac{d\omega}{dt} = (m - m_c) / J, \end{array} \right. \quad (1)$$

где

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_{s\alpha} = L_s \cdot i_{s\alpha} + L_m \cdot i_{r\alpha}, \\ \psi_{s\beta} = L_s \cdot i_{s\beta} + L_m \cdot i_{r\beta}, \\ \psi_{r\alpha} = L_r \cdot i_{r\alpha} + L_m \cdot i_{s\alpha}, \\ \psi_{r\beta} = L_r \cdot i_{r\beta} + L_m \cdot i_{s\beta}, \\ m = \psi_{s\alpha} \cdot i_{s\beta} - \psi_{s\beta} \cdot i_{s\alpha}. \end{array} \right. \quad (2)$$

---

\* Электрические машины (специальный курс) / Г.А. Сипайлов [и др.]. – М.: Высшая школа, 1987. – 287 с.

Все исследования были проведены в графической среде имитационного моделирования *Simulink* интерактивной среды программирования *MatLab*. Выбранная среда *Simulink* позволяет при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Модель исследуемого асинхронного двигателя изображена на рис. 1.

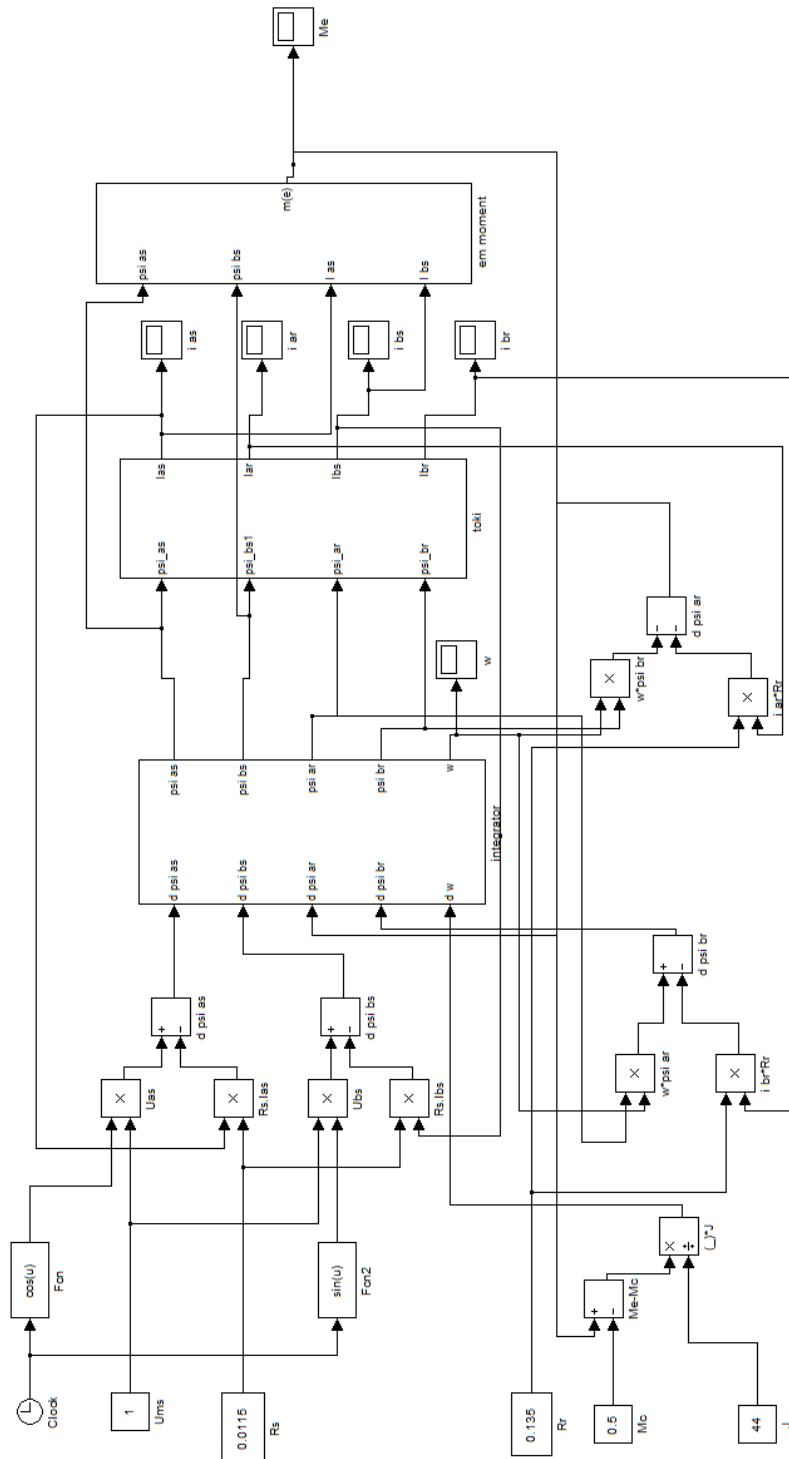


Рис. 1. Модель АД в среде визуального программирования *Simulink*

Ниже представлены наблюдения, которые были замечены в ходе исследования:

1) При снижении напряжения питания на 50 % в течение 1 с у двигателя с центробежным моментом сопротивления скорость снижается на 28 % в течение 0,64 с и сохраняется постоянной на протяжении времени посадки напряжения (рис. 2, *a*), а восстанавливается в течение 0,38 с.

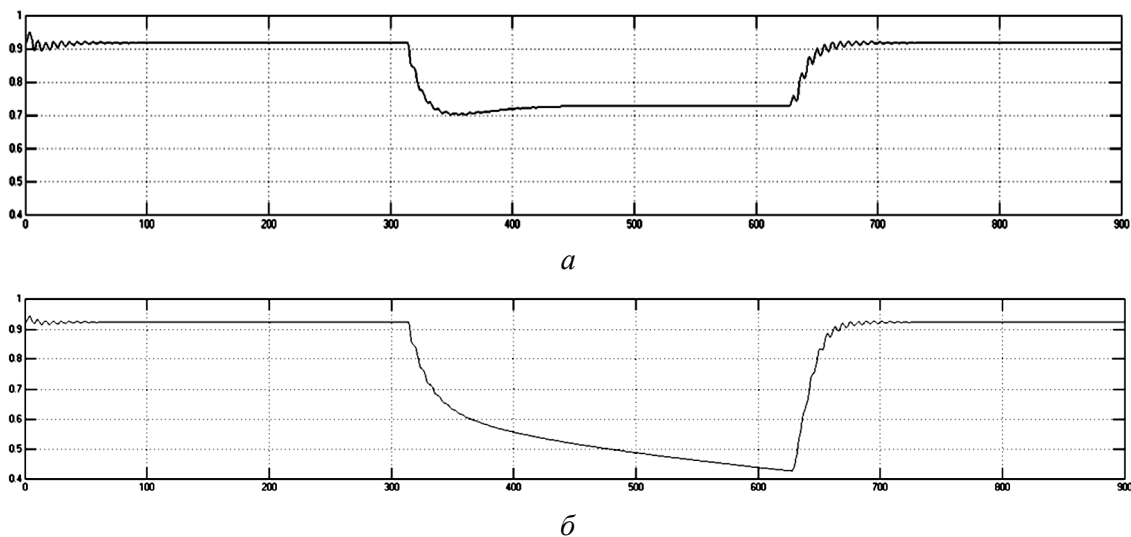


Рис. 2. Временные диаграммы изменения скорости АД с центробежным (*a*) и постоянным (*б*) моментом сопротивления при снижении напряжения сети на 50 % в течение 1 с

Динамический момент сохраняет постоянство за исключением переходных процессов (рис. 3, *a*). У двигателя с постоянным моментом сопротивления скорость снижается на 58 % (рис. 2, *б*) в течение всего времени посадки напряжения, а восстанавливается в течение 0,38 с. Динамический момент при этом остается постоянным, исключая участки переходного процесса (рис. 3, *б*).

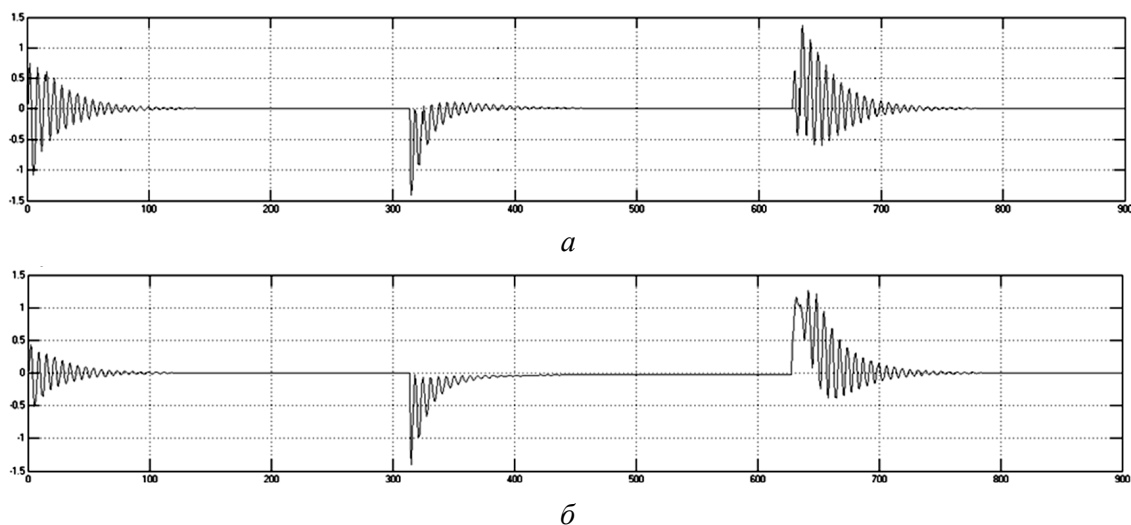
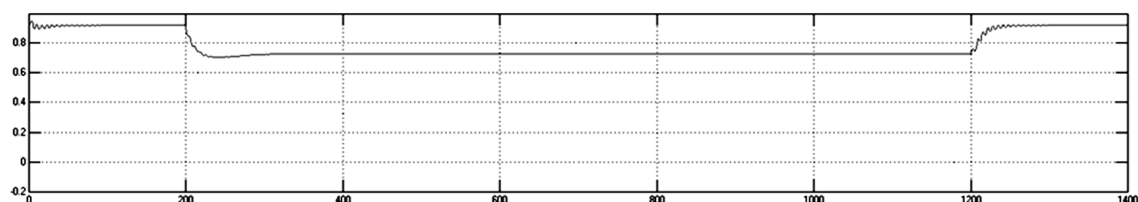


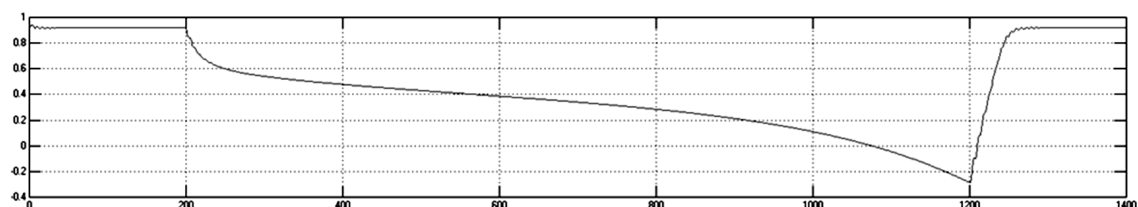
Рис. 3. Временные диаграммы изменения динамического момента АД с центробежным (*a*) и постоянным (*б*) моментом сопротивления при снижении напряжения сети на 50 % в течение 1 с

2) При снижении напряжения питания на 50 % в течение 3,2 с у двигателя с центробежным моментом сопротивления скорость снижается на 28 % и остается постоянной в течение всего времени посадки напряжения, а восстанавливается в течение 0,38 с (рис. 4, *а*).

Динамический момент при этом остается постоянным, исключая участки с переходными процессами. АД с постоянным моментом сопротивления опрокидывается за 2,8 с (рис. 4, *б*). Динамический момент при этом теряет постоянство.



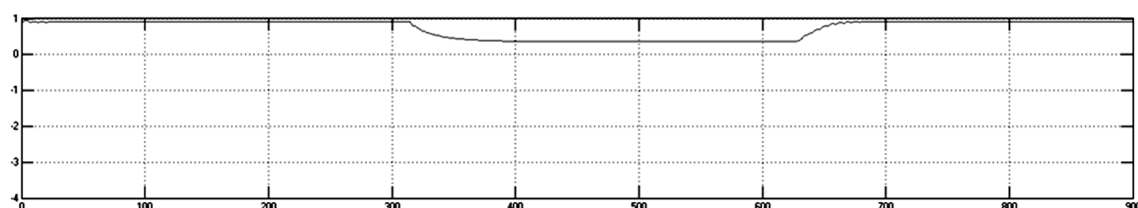
*а*



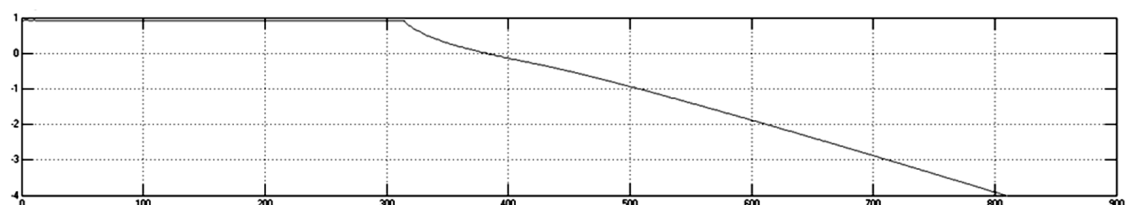
*б*

Рис. 4. Временные диаграммы скорости АД с центробежным (*а*) и постоянным (*б*) моментом сопротивления при снижении напряжения сети в течении 3,2 с

3) При снижении напряжения питания на 70 % в течение 1 с у АД с центробежным моментом сопротивления происходит снижение скорости на 62 % в течение всего времени посадки напряжения, а восстанавливается в течение 0,38 с (рис. 5, *а*).



*а*



*б*

Рис. 5. Временные диаграммы скорости АД с центробежным (*а*) и статическим (*б*) моментом сопротивления при снижении напряжения на 70 % в течение 1 с

АД с постоянным моментом сопротивления опрокидывается за 0,16 с (рис. 5, б). Динамический момент при этом не сохраняет постоянства.

4) При снижении питающего напряжения на 80 % на 1 с АД с центробежным моментом опрокидывается спустя 0,61 с и самозапускается при восстановлении напряжения (рис. 6, а). АД с постоянным моментом опрокидывается в течение 0,12 с (рис. 6, б).

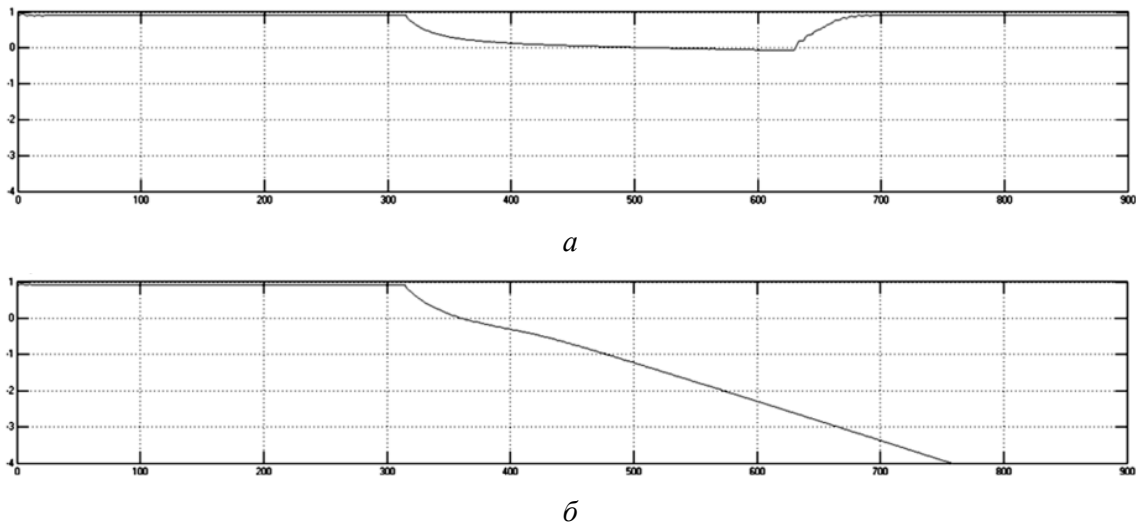


Рис. 6. Временные диаграммы скорости АД с центробежным (а) и статическим (б) моментом сопротивления при снижении напряжения на 80 % в течение 1 с

В качестве итога проделанной работы представлена сводная таблица, из которой можно сделать выводы представленные ниже.

#### Сводная таблица

Величина снижения $U_c$ , %	Время, с	АД с центробежным моментом сопротивления			АД с постоянным моментом сопротивления		
		Снижение скорости	Опрокидывание	Успешность самозапуска	Снижение скорости	Опрокидывание	Успешность самозапуска
50	1	28 %	–	+	58 %	–	+
50	3,2	28 %	–	+	100 %	за 2,8 с	–
70	1	62 %	–	+	100 %	за 0,16 с	–
80	1	100 %	за 0,61 с	+	100 %	за 0,12 с	–

Асинхронный двигатель с центробежным моментом сопротивления менее чувствителен к посадкам напряжения в сети. Он может выдерживать посадку напряжения в течение длительного времени, при восстановлении питающего напряжения успешно самозапускается, в то время как АД с постоянным моментом сопротивления опрокидывается за сравнительно короткий промежуток времени.



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ АДАПТЕРА НА ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ЗОНЕ ДОЗИРОВАНИЯ

Студентка гр. КТЭИ-09 ПНИПУ А.Н. Федосеева,  
аспирант кафедры КТЭ ПНИПУ М.В. Бачурина  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры КТЭ ПНИПУ А.В. Казаков

При производстве кабельной продукции из пластмассовой изоляции полимер, как правило, находится только в жидком состоянии в следующих конструктивных элементах экструзионного агрегата: зона дозирования, адаптер и носиковая часть кабельной головки. В наше время кабельная головка достаточно изучена, поэтому данное исследование посвящено только зоне дозирования с адаптером. Геометрия зоны дозирования с адаптером представлена на рис. 1.

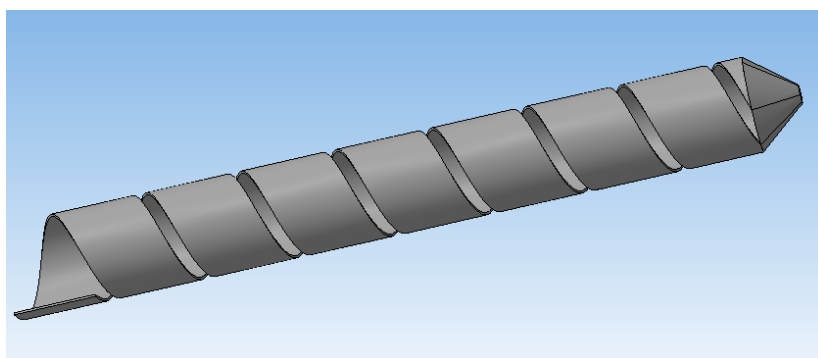


Рис. 1. Геометрия зоны дозирования с адаптером

Математическая модель основывается на рассмотрении законов сохранения массы, количества движения и энергии, реологических уравнений состояний, дополненных граничными условиями и свойствами материала.

С целью упрощения математической модели примем некоторые допущения: процесс стационарный; пренебрегаем гравитационными и инерционными силами; плотность, теплоемкость и теплопроводность постоянны; расплав полимера несжимаем; на границах модели, образованных формующим инструментом, задаются условия прилипания; поток утечек через гребень нарезки шнека не учитывается.

С учетом сделанных допущений в декартовой системе координат математическая модель выглядит следующим образом [1]:

– уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0,$$

– уравнения движения:

$$\rho \left( V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right),$$

$$\rho \left( V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \left( \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right),$$

$$\rho \left( V_x \frac{\partial V_z}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_z}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \left( \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right),$$

– уравнение энергии:

$$c\rho \left( V_x \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \frac{\partial T}{\partial y} + V_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \lambda \Delta T + q_v,$$

– реологические уравнения состояния:

$$\tau_{xx} = 2\mu_0 \frac{\partial V_x}{\partial x}, \tau_{yy} = 2\mu_0 \frac{\partial V_y}{\partial y}, \tau_{zz} = 2\mu_0 \frac{\partial V_z}{\partial z}, \tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu_0 \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right),$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu_0 \left( \frac{\partial V_x}{\partial z} + \frac{\partial V_z}{\partial x} \right), \tau_{zy} = \tau_{yz} = \mu_0 \left( \frac{\partial V_z}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial z} \right),$$

где  $\mu_0$  – эффективная вязкость, зависящая от скорости сдвига:

$$\mu_0 = \mu_0 \left( \frac{I_2}{2} \right)^{\frac{(n-1)}{2}} e^{-\beta(T-T_0)},$$

где  $\mu_0$  – начальная вязкость;  $I_2$  – второй инвариант тензора скоростей деформации;  $n$  – показатель аномалии вязкости;  $V_x, V_y, V_z$  – компоненты вектора скорости;  $\tau_{i,j}$  ( $i, j = x, y, z$ ) – компоненты тензора напряжений;  $T$  – температура;  $\beta$  – температурный коэффициент вязкости [2, 3].

Поставленная задача моделировалась в среде инженерных расчетов *ANSYS* с библиотекой *ICEM CFD*, а расчеты производились в *ANSYS Fluent*.

Была исследована зависимость параметров течения полимера от вида канала истечения. Изменялись выходной диаметр и длина адаптера. На рис. 2–5 представлены результаты расчета.

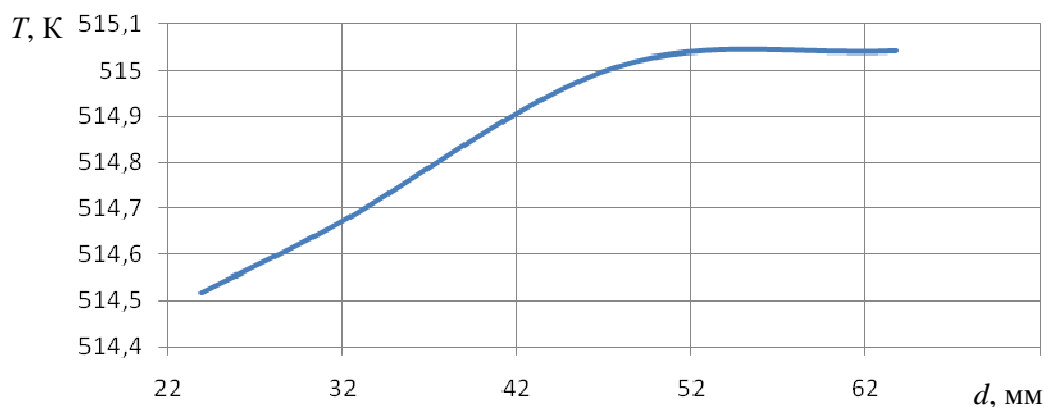


Рис. 2. Распределение температуры расплава полимера на выходе в зависимости от выходного диаметра адаптера

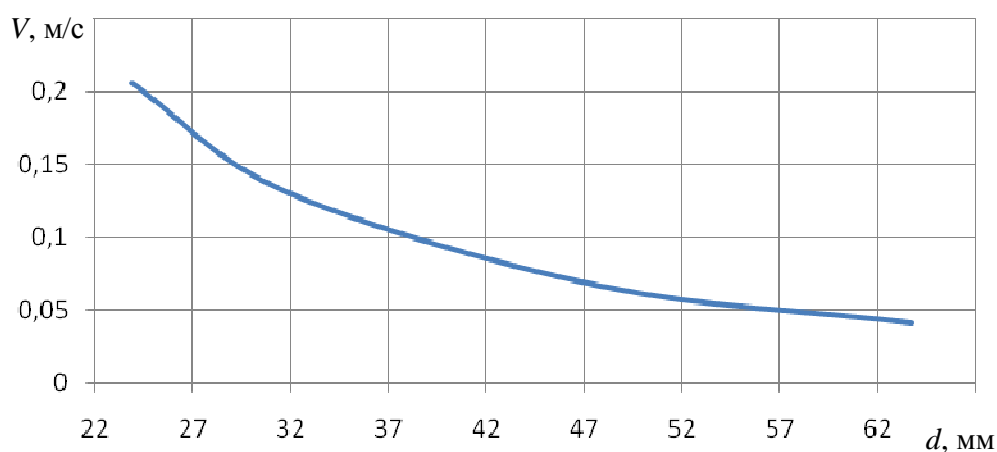


Рис. 3. Распределение скорости течения расплава полимера на выходе в зависимости от выходного диаметра адаптера

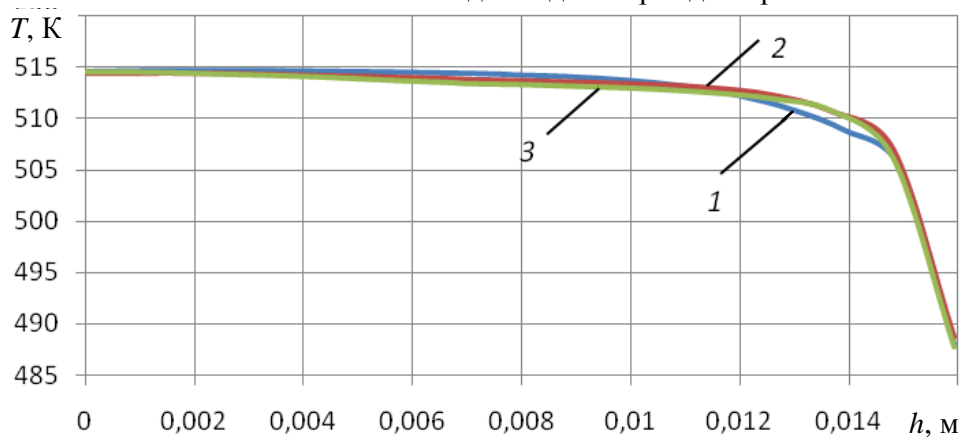


Рис. 4. Распределение температур по высоте канала в адаптере: 1, 2, 3 – адаптеры с разной длиной,  $l_1 > l_2 > l_3$

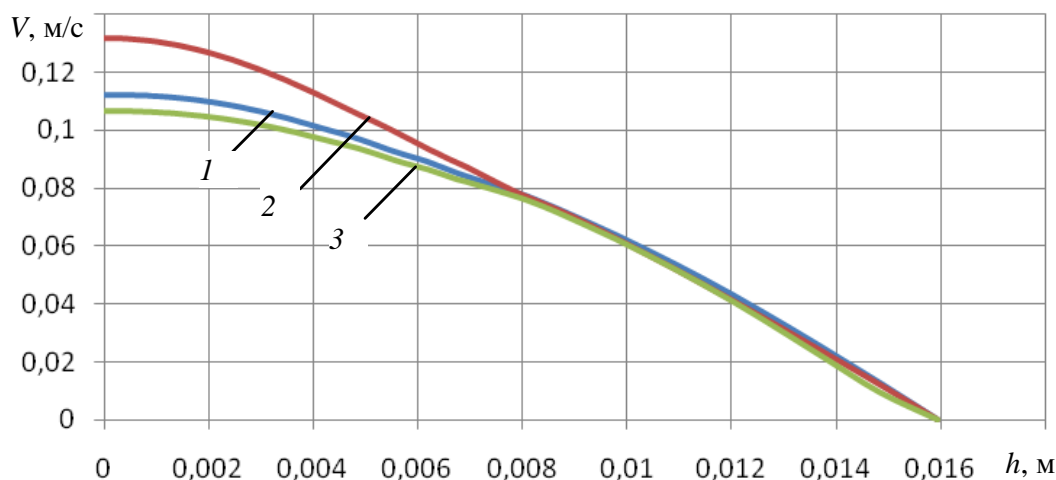


Рис. 5. Распределение скоростей по высоте канала в адаптере:  
1, 2, 3 – адаптеры с разной длиной,  $l_1 > l_2 > l_3$

На рис. 2–5 видно, что при увеличении выходного диаметра адаптера уменьшается скорость течения расплава на 79 %, при увеличении длины адаптера температура и скорость расплава полимера изменяются несущественно.

Из проведенного исследования видны зависимость и несущественное изменение параметров течения полимера от выходного диаметра и длины адаптера соответственно.

Данная трехмерная модель может использоваться при исследовании процессов тепло- и массопереноса в экструзионном агрегате.

### Библиографический список

1. Янков В.И., Труфанова Н.М., Щербинин А.Г. Изотермическое течение аномально-вязких жидкостей в винтовых уплотнениях с продольной циркуляцией // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2006. – № 6. – С. 3–5.
2. Савченко В.Г., Казаков А.В., Труфанова Н.М. Расчет влияния геометрии каналов технологического инструмента кабельной головки на возникновение вихревых потоков при наложении изоляции // Кабели и провода. – 2010. – № 2. – С. 11–13.
3. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984. – 632 с.

## **ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ПОСРЕДСТВОМ КИНЕТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ НА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗАТОРЕ**

**Студент гр. КТЭИ-09 ПНИПУ Д.А. Богданов,  
инженер-исследователь кафедры КТЭ ПНИПУ С.В. Ершов**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры КТЭ ПНИПУ *А.В. Казаков*

Проблема старения полимеров и их стабилизации составляют большой раздел полимерного материаловедения – науки о создании полимерных материалов, их переработке, сохранении и регулировании их эксплуатационных свойств [1–2].

Старение полимеров – это сложный комплекс химических и физических процессов, происходящих под влиянием окружающей среды, при их переработке, эксплуатации и хранении, приводящих к необратимым или обратимым изменениям (ухудшению) свойств полимеров. Часто вместо термина «старение» употребляют термин «деструкция» (иногда «деградация»).

Процессы физического старения обратимы. Они не приводят к разрыву или сшиванию полимерных цепей. В качестве примера можно привести процессы кристаллизации, перекристаллизации или проникновения в полимер нежелательных растворителей, которые вызывают межкристаллитную коррозию (смазку) и приводят к ухудшению механических свойств полимерных изделий. Процессы химического старения необратимы. Они приводят к разрыву химических связей, а иногда и к сшивке макромолекул, изменению химической структуры, понижению или увеличению молекулярной массы полимера.

Очень важной задачей является количественное прогнозирование стойкости полимерных изделий. Если время надежной эксплуатации будет занижено, то детали из полимеров будут изъяты из эксплуатации раньше, чем будут исчерпаны их ресурсы. Если же сроки эксплуатации будут завышены, то полимерное изделие выйдет из строя во время работы, что может привести к аварии или еще к более тяжелым последствиям.

Данные исследования были проведены на термогравиметрическом анализаторе *TGATAinstruments*. Термогравиметрический анализатор TGA может провести данные исследования в трех режимах [3]:

– модулированный TGA – скорость повышения температуры постоянна. MTGA используется в случаях, когда необходимо быстрое определение кинетических параметров в рамках одного испытания или когда нужна информация об этих параметрах в виде функции температуры или химического превращения;

– динамический (Hi-Res) TGA – отличается от альтернативных техник контроля тем, что скорость нагрева материала образца динамически и непрерывно изменяется в соответствии со скоростью разложения образца для оптимизации разрешения изменения веса и времени анализа. Типовые диапазоны Hi-Res обычно требуют столько же или меньше времени по сравнению с испытанием, проводимым с постоянной скоростью нагрева;

– автопошаговый (Step – Wise Isothermal) TGA. Образец нагревается с постоянной скоростью до появления потери массы с последующим переходом в изотермический режим. По завершении и эффекта нагрев продолжается. Для данных исследований проводился модулированный режим TGA [4].

Расчетное время жизни изоляции можно определить по формуле Тупа:

$$\ln t_f = \frac{E}{RT_f} + \ln \left[ \frac{E}{\beta R} \cdot P(X_f) \right], \quad (1)$$

где  $t_f$  – время до отказа, мин;  $E$  – энергия активации, Дж/моль;  $T_f$  – температура отказа, К;  $R$  – газовая постоянная;  $P(X_f)$  – функция, значение которой зависит от  $E$  при температуре отказа;  $\beta$  – скорость нагрева, °С/мин.

Для расчета энергии активации используется метод Флинна и Уола:

$$E = \frac{-R}{b} \left[ \frac{d \log \beta}{d \left( \frac{1}{T} \right)} \right], \quad (2)$$

где  $b$  – постоянная.

На рис. 1 представлена зависимость относительной массы испытуемого материала от температуры. Кривые, представленные на рис. 1, показывают, что данный материал многокомпонентный. Для анализа данного материала был взят диапазон температур

от 36,8 до 300 °С. Поскольку в этом диапазоне происходит разложение пластификатора, то данный материал приходит в неработоспособное состояние.

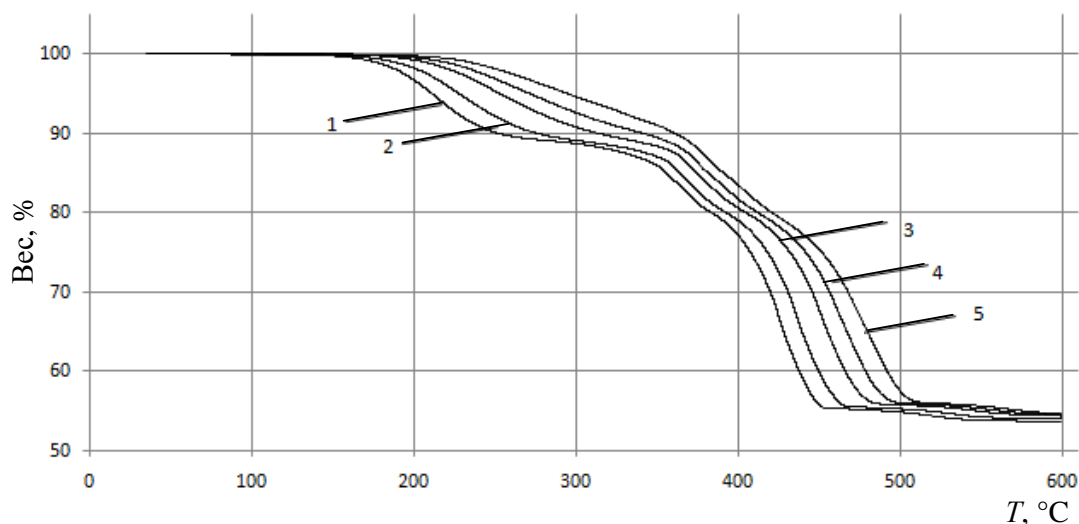


Рис. 1. Зависимость массы испытуемого материала от температуры: 1 – при скорости нагрева 1 °С/мин; 2 – 2 °С/мин; 3 – 5 °С/мин; 4 – 10 °С/мин; 5 – 20 °С/мин

На рис. 2 видно, что резкое уменьшение веса начинается между 2,5 и 5 % деструкции. Исходя из этого, для дальнейшего анализа берется деструкция в 2,5 %, так как при большей деструкции существует вероятность того, что расчетное время жизни может быть завышено и материал выйдет из строя во время работы. При использовании меньшей деструкции расчетное время жизни будет занижено, и работоспособный материал будет выведен из эксплуатации, что экономически невыгодно.

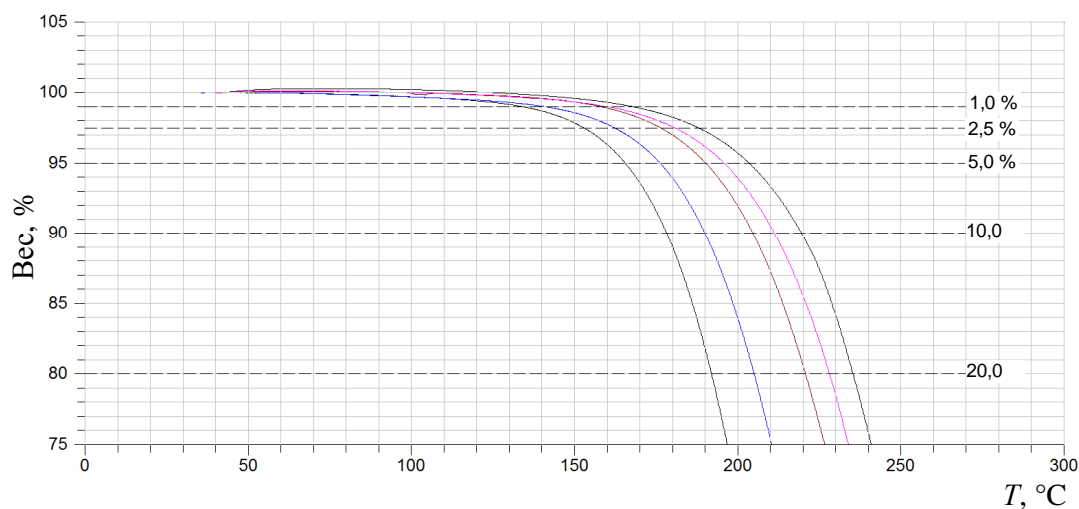


Рис. 2. Зависимость массы испытуемого материала от температуры при удалении пластификатора

На рис. 3 представлена зависимость времени жизни от температуры для данного материала при деструкции 2,5 %.

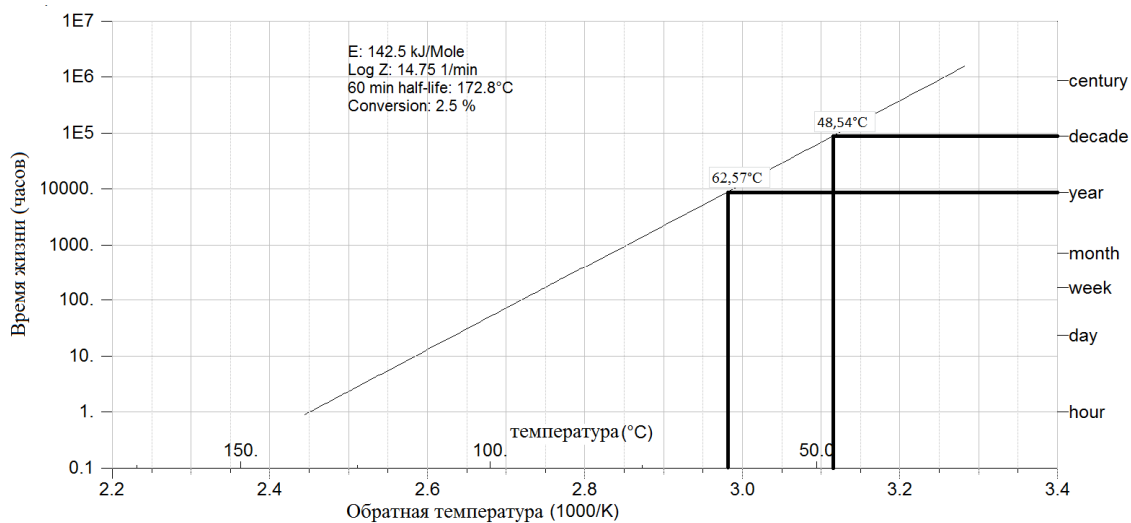


Рис. 3. Время жизни испытуемого материала

Таким образом, данный материал при температуре 62,5°C сможет проработать 1 год, а при температуре 48,5°C – 10 лет.

Данная методика позволяет прогнозировать время надежной эксплуатации кабелей с полимерной изоляцией.

### Библиографический список

1. Эмануэль Н.М., Бучаченко А.Л. Химическая физика старения полимеров. – М.: Наука, 1984. – 342 с.
2. Zaikov G.E. Degradation and Stabilization of Polymers. – N.Y.: Nova Sci. Publ., 1999. – 296 p.
3. DiscoveryTGA: руководство по началу работы. – 2011. – 15 с.
4. E1641-99/Standard Test Method for Decomposition Kinetics by Thermogravimetry. Доступ из справ.-правовой системы Консультант-Плюс.



## **ТРАНСФОРМАТОРЫ С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ В РОССИИ**

**Студентка гр. ЭС-12-16 ПНИПУ Л.В. Тиунова**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ *В.В. Тиунов*

Рассматривая рост потребления электроэнергии в целом по стране, а особенно в крупных развивающихся городах, можно сделать вывод, что потребление электроэнергии растет с каждым днем, причем этот рост наблюдается как у бытовых потребителей, так и у компаний, фирм и предприятий, работающих в различных отраслях экономики. Это связано с существенным приумножением количества оборудования и бытовых устройств, для работы которых необходима электроэнергия.

Несмотря на то, что экономичность такого оборудования и устройств с каждым днем возрастает, количество этих потребителей растет быстрее и требует ввода новых мощностей для гарантирования возможности их нормальной работы [1–4].

Значительная часть масляных трансформаторов уже сейчас работает с максимально допустимой нагрузкой, что делает задачу анализа применения альтернативных модификаций более мощного оборудования для электроснабжения ключевой и весьма актуальной.

Следует отметить, что на сегодняшний день имеется решение проблемы увеличения безопасности трансформаторов и уменьшения их размеров при повышении их мощности – это применение высоковольтных трансформаторов с элегазовой изоляцией и охлаждением. Данное решение эффективно и безопасно для использования при подземной установке электростанций на базе таких трансформаторов и уже внедрено в некоторых странах. В России не так быстро внедряются такого рода технологии, тем не менее следует сказать, что в инновационном центре «Сколково» уже начато строительство двух таких подстанций с использованием элегазовых трансформаторов.

Повышение безопасности работы высоковольтных трансформаторов и существенное уменьшение их размеров при поддержании заданного значения мощности стало достижимым благодаря применению в качестве изолятора и основы системы охлаждения так называемого элегаза (гексафторида серы), имеющего уникальные свойства. Среди главных свойств элегаза, делающего его использование в высоковольтной технике обоснованным и безопасным, можно

выделить его низкую химическую активность и безвредность в чистом виде для человека и окружающей среды.

Трансформатор с элегазовой изоляцией обладает следующими особенностями:

- пожароустойчивость – элегаз не горюч, к тому же отсутствие масляных систем охлаждения снимает потребность сбора и переработки использованного масла;

- взрывобезопасность – элегаз, даже при изрядном перегреве, не способен оказать такое давление на корпус трансформатора, которое приведет к его разрыву;

- компактность – элегазовый трансформатор не нуждается в расширительных баках, маслосборниках и дополнительных защитных сооружениях, что даёт возможность уменьшить занимаемое трансформатором пространство в два раза;

- экономичность – малое занимаемое пространство, ненужность дополнительных защитных сооружений и возможность легкой утилизации отведенного от трансформаторов тепла, например в системах отопления, делают техническое решение применения элегаза экономически весьма рентабельным;

- экологическая чистота использования энергетических решений на базе элегазовых подстанций.

Хотелось бы обратить внимание на внутреннее устройство и расположение подземной электростанции «Сколково». Наукоград «Сколково» уже оснащен подземной подстанцией. В Подмосковье, близ российской «Силиконовой долины», заканчивается её строительство, это будет первая в стране подземная электростанция. Руководитель компании «Главные электрические сети» Валерий Седунов известил, что строительство подземной электростанции «Сколково» началось в первом квартале 2013 г., а скоро она сможет работать в полном объеме.

Подстанция уходит в глубь земли на 12 м. На самом нижнем уровне располагается котельная (бойлерная). На уровень выше располагается силовое оборудование. Уникальное подземное расположение подстанции не является единственной ее особенностью. Понижающие трансформаторы, установленные на станции «Сколково», заполнены негорючим газом (гексафторидом серы), компонентами которого являются сера и фтор. Это означает, что достигаются большая надежность, пожаробезопасность и компактность этого электрооборудования.

Еще одной особенностью строящейся электростанции является материал её крыши, который позволяет накапливать резервный запас

энергии. Проект предусматривает установку на крышах зданий солнечных батарей общей мощностью 650 кВт и внедрение системы хранения электроэнергии, функционирующей на базе мощных аккумуляторов. Это удобно, долговечно и практично.

В нашей стране подземная электростанция – это новинка, но в мире это достаточно распространенный способ расположения промышленно значимых объектов, поскольку решается проблема повышения эффективности использования пространства и улучшения его эстетического восприятия.

Если привести реальные цифры, то становится ясным, что при использовании инновационной подстанции «Сколково» освобождается 180 га земли. Подстанция обладает большой мощностью в 125 МВА. На строительство подстанции государством уже выделена сумма в размере 3,6 млрд рублей.

В 2014 г. в Сколково запланировано начать строительство другой подземной подстанции «Союз», чтобы удовлетворить потребности российского инновационного центра.

В заключение хотелось бы также поделиться своими соображениями по данной проблеме создания подземных электростанций. Я уверена, что подземные электростанции выведут нас на новый, более высокий уровень жизни. Благодаря введению подземных электростанций как альтернативы существующей системе электроснабжения территории будут освобождены, а проблема с обеспечением электроэнергией крупных энергопотребителей будет в значительной степени решена.

Вышеупомянутые новации очень перспективны, экономичны и безвредны для окружающей среды. Я надеюсь, что моя будущая карьера как специалиста в области систем электроснабжения, будет также связана и с важнейшей проблемой использования альтернативных источников энергии ветра, волн, приливов и солнечной энергии.

### **Библиографический список**

1. Гура Ю.Л. Силовой трансформатор с элегазовым заполнением // Электрик. – 2009. – №1–2. – С.9.
2. Полтев А.И. Конструкция и расчет элегазовых аппаратов высокого напряжения. – Л.: Энергия, 1979.
3. URL: <http://russiaset.ru/>
4. URL: <http://community.sk.ru/>

## ЭНЕРГИЯ ИЗ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СПОР

**Студентка гр. ЭС-12-16 ПНИПУ И.С. Володарская**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ *В.В. Туунов*

Производство энергии, которая необходима для существования и развития человечества, – одна из самых актуальных проблем современности. Однако на сегодняшний день почти все практически значимые источники энергии относятся к исчерпаемым ресурсам. Использование возобновляемых источников энергии, таких как солнце и ветер, осуществляется относительно давно, но такой вид энергетики сильно зависит от наличия ветра и солнца. Гидроэнергетика также обладает существенными недостатками, кроме того, во многих регионах планеты гидроресурсы уже практически исчерпаны.

Поэтому ныне перед всеми учеными мира стоит актуальнейшая проблема нахождения, исследования и разработки новых альтернативных источников энергии.

В данной работе рассмотрено одно из возможных нетрадиционных решений проблемы нахождения новых видов топлива, которые можно было бы назвать и безотходными, и практически неисчерпаемыми.

В Институте ВИССА (Гарвард, США) доктор философии Озгур Сахин предложил использовать известную почвенную бактерию «сенная палочка» (*Bacillus subtilis*) в качестве генератора электричества.

Эта бактерия обладает очень интересным и полезным свойством. Когда влажность воздуха уменьшается, почвенная бактерия высыхает и сморщивается, превращаясь в спящую спору. Такой процесс можно сравнить с виноградом, который высушивают на солнце – он превращается в изюм. Но, в отличие от изюма, который обратно не превратится в виноград, бактерии возвращаются в свою первоначальную форму, когда намокают (влажность воздуха повышается).

О. Сахин провел следующий эксперимент: на маленькую гибкую кремниевую пластинку был нанесен раствор с бактериальными спорами. При изменении влажности воздуха пластинка сгибалась и разгибалась. О. Сахин заметил, что пластинка сгибается и разгибается даже от дуновения воздуха его вдохов и выдохов. При помощи сильного атомного микроскопа фиксировались процессы, происходящие

при высыхании или намокании спор. Замерялась сила воздействия на их организмы и на поверхность, находящуюся под ними [2].

Кроме того, Озгур Сахин подсчитал, что при изменении влажности в солнечный и дождливый день гибкая пластинка, покрытая спорами, вырабатывает до 1000 раз больше силы, чем мускул человека (на одну единицу своего веса). Так, если намочить около 450 г спор, они могут, в перспективе, произвести достаточно энергии, чтобы поднять автомобиль на 1 м над землей.

Эксперименты далее продолжились в направлении выбора материала основы для спор. Сравнивая кремний, пластик и резину, покрытые спорами, Сахин решил выяснить, какой материал лучше сохраняет энергию. По окончании этих опытов стало ясно, что наиболее эффективный материал – резина, которая значительно дешевле традиционного полупроводникового материала – кремния и эластичнее, чем пластик [1].

Коэффициент полезного действия такой установки невысок, однако кроме чисто механического и инженерного совершенствования модели ученый полагает перспективным и генетическое модифицирование почвенных бактерий с целью обретения их спорами большей жёсткости и эластичности.

Первая линия мутантных бактерий «*B. Subtilis*» уже выведена. Доказано, что мутантные бактерии способны выдавать вдвое больше энергии на единицу веса, чем обычные бактерии, использовавшиеся на старте экспериментов. Детальные подробности о модификации бактерий пока не опубликованы и, следовательно, не известны широкому кругу исследователей.

Приведем некоторые достоинства получения энергии с помощью вышеописанных спор:

- данная бактерия (*Bacillus subtilis*) присутствует практически во всех почвах, т.е. легко доступна на практике;
- подобный метод получения энергии относится к возобновляемым и является экологически чистым.

На данном этапе существенным недостатком для практического широкого развития вышеописанного метода получения энергии является то, что данные исследования еще не вышли на международный уровень, а находятся в процессе реализации только в США. Но есть надежда, что в скором будущем многие страны, в том числе и Россия, начнут интенсивные исследования в этой области.

В заключение необходимо подчеркнуть, что данный метод является революционным и обещает большие перспективы.

Если в России начнут заниматься исследованиями такого генератора энергии, то это поможет решить много энергетических проблем. Не во всех частях нашей страны есть возможность использования альтернативных энергетических источников в виде солнечной, ветровой, гидравлической или геотермальной энергии. Кроме того, использование «бактериальных электрогенераторов» позволит решить глобальную проблему загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива и снизит «парниковый эффект».

В подтверждение этих слов можно привести речь директора Института ВИССА Дональда Ингбера: «Если изменение влажности сможет генерировать электричество день и ночь, используя этот новый генератор, но большего размера, то это может обеспечить энергией мир, который отчаянно нуждается в новом источнике возобновляемой энергии» [1].

### **Библиографический список**

1. Bacillus spores as building blocks for stimuli-responsive materials and nanogenerators / Xi Chen, Mahadevan L., Adam Driks, Ozgur Sahin // Nature Nanotechnology. – 2014, Feb. – 9(2).
2. URL: <http://compulenta.computerra.ru>

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНЫХ ВЛИЯНИЙ LAN-КАБЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

**Студентка гр. КТЭИ-09 ПНИПУ Е.В. Слобода,  
аспирант кафедры КТЭ ПНИПУ А.С. Мансуров**  
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор  
кафедры КТЭ ПНИПУ *А.Г. Щербинин*

LAN-кабели должны быть пригодны для передачи широких диапазонов частот, иметь хорошую защищенность от взаимных и внешних помех, быть экономичными.

Самым распространенным LAN-кабелем является UTP 4 Cat 5e (рис. 1). Он широко используется в высокоскоростных кабельных системах, образующих общую коммуникационную инфраструктуру зданий, локальные компьютерные сети, соединение офисного оборудования и выход в Интернет [1].

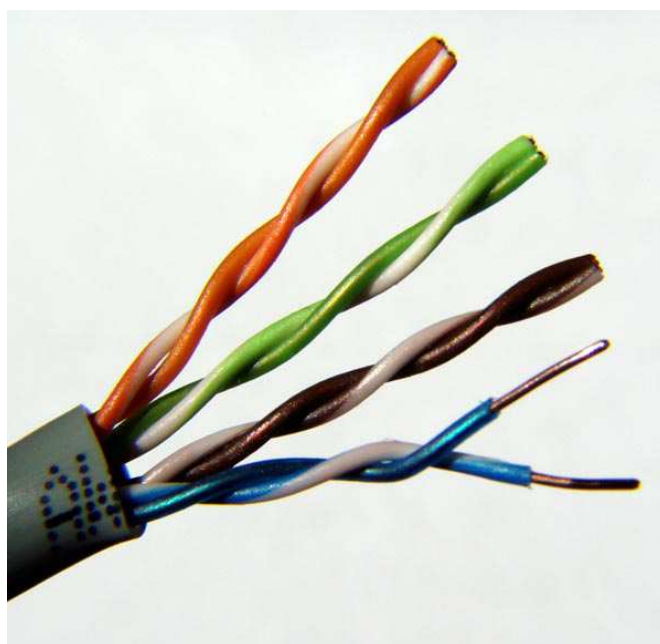


Рис. 1. Конструкция кабеля UTP Cat 5e

Кабель состоит из медной токопроводящей жилы (ТПЖ), изоляции и оболочки из полиэтилена.

Диаметр ТПЖ составляет 0,518 мм, диаметр по изоляции – 0,94 мм. Толщина оболочки – 0,7 мм. Диаметр готового кабеля – 5,3 мм. Число витых пар – 4 [2].

Одним из основных способов снижения взаимных влияний симметричных кабелей является согласование шагов скрутки. Каждая из четырех пар кабеля категории 5 имеет свой шаг скрутки, чтобы минимизировать наводки между парами. Использование уравновешенной линии позволяет сохранить высокое значение отношения «сигнал–шум», несмотря на помехи от внешних источников и наводки от других пар [3].

В табл. 1 приведены шаги скрутки каждой витой пары кабеля UTP 4 Cat 5e.

Таблица 1

Шаги скрутки кабеля UTP 4 Cat 5e

Витая пара	Шаг скрутки
1-ая пара	10
2-ая пара	13
3-ая пара	14
4-ая пара	15

Проведем исследование электрического влияния между цепями рассматриваемого кабеля. С этой целью необходимо построить распределение электрического поля в поперечных сечениях кабеля.

Дифференциальное уравнение, описывающее распределение электрического потенциала переменных токов в комплексной форме записи, имеет вид [3]:

$$\nabla([\epsilon\epsilon_0 - ig / \omega]\nabla U) = 0, \quad (1)$$

где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  $\epsilon_0$  – электрическая

постоянная,  $\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$ ;  $\omega$  – циклическая частота;  $U$  – электрический

потенциал;  $g$  – проводимость среды.

Задается диэлектрическая проницаемость полиэтилена:  $\epsilon = 2,25$ .

Задача решается в двухмерной постановке в декартовой системе координат.

К токопроводящим жилам прикладывается переменное напряжение 1 В частотой 100 МГц. На бесконечном удалении от кабеля электрический потенциал равняется нулю.

Уравнение (1) решается методом конечных элементов [4]. Количество элементов сетки составляет 25 000.



На рис. 2 приведено распределение электрического поля кабеля.

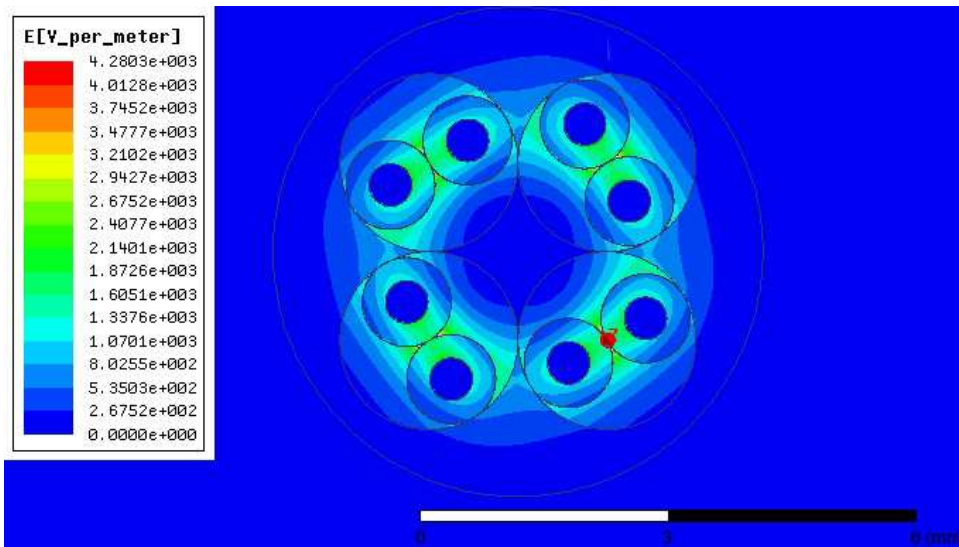


Рис. 2. Распределение напряженности электрического поля  $E$

Взаимная емкость между проводниками симметричного кабеля рассчитывается по формуле

$$C_{ij} = \frac{q_i}{U_j} \quad (2)$$

где  $q_i$  – заряд  $i$ -го проводника;  $U_j$  – потенциал  $j$ -го проводника, наводимый электрическим полем заряда  $q_i$ .

Коэффициент емкостной связи  $k$  является результатом асимметрии частичных емкостей  $C_{ij}$  между жилами влияющей и подверженной влиянию цепей.

Взаимные влияния, обусловленные действием электрического поля, будут минимальными, если интеграл от коэффициента емкостной связи по длине стремится к 0:

$$\int_0^l k dl \rightarrow 0. \quad (3)$$

В данной постановке кабель заданной длины  $l$  разбиваем на 200 отрезков и интеграл (3) заменяем выражением

$$k_{\text{pez}} = \frac{\int_0^l k dl}{l} = \frac{\sum_0^N k^m \cdot \Delta l}{l}, \quad (4)$$

где  $N = 200$ ;  $\Delta l = l/N$ .

Коэффициенты емкостной связи между соответствующими парами в текущем сечении по длине определяются по формулам:

$$\begin{aligned}
 k_{1-2}^m &= (C_{23} + C_{14}) - (C_{13} + C_{24}), \\
 k_{1-3}^m &= (C_{25} + C_{16}) - (C_{26} + C_{15}), \\
 k_{1-4}^m &= (C_{18} + C_{27}) - (C_{17} + C_{28}), \\
 k_{2-3}^m &= (C_{45} + C_{36}) - (C_{35} + C_{46}), \\
 k_{2-4}^m &= (C_{38} + C_{47}) - (C_{37} + C_{48}), \\
 k_{3-4}^m &= (C_{67} + C_{58}) - (C_{68} + C_{57}).
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Полученные результаты коэффициентов емкостной связи, рассчитанных по формуле (4), приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результирующий коэффициент емкостной связи

Номера пар	$k_{1-2\text{рез}}$	$k_{1-3\text{рез}}$	$k_{1-4\text{рез}}$	$k_{2-3\text{рез}}$	$k_{2-4\text{рез}}$	$k_{3-4\text{рез}}$
$k_{\text{рез}}$	0	1,97	0	0	2,23	9,01
$\frac{k_{\text{рез}}}{k_{\text{max}}} \cdot 100$	0	0,25	0	0	0,24	3,2

Полученные результаты оценим с помощью выражения

$$\frac{k_{\text{рез}}}{k_{\text{max}}} \cdot 100 \% < 5 \%.
 \tag{6}$$

Как видно из табл. 2, относительные величины, рассчитанные по формуле (6), не превышают 5 %.

Таким образом, данный подход может быть использован для оценки взаимных влияний между цепями симметричных кабелей, а также для определения шагов скрутки.

### Библиографический список

1. Семенов А.В., Стрижаков С.Н., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы: учебник. – М.: ДМК: АйТи. 2004 – 639 с.
2. ТУ 16.К03-39-2004. Кабели симметричные парной скрутки для систем цифровой связи.
3. Андреев В.А., Портнов Э.Л., Кочановский Л.Н. Направляющие системы электросвязи: учебник для вузов: в 2 т. Т. 1: Теория передачи и влияния. – М., 2011. – 135 с.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВУЛКАНИЗАЦИИ КАБЕЛЕЙ С РЕЗИНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Студент гр. КТЭИ-09 ПНИПУ Д.П. Пасынков  
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор  
кафедры КТЭ ПНИПУ *Н.М. Труфанова*

**Постановка задачи.** Рассматривался процесс вулканизации кабеля марки ВРГ 1×150-0,66 с радиусом жилы  $r_1 = 7,87$  мм, толщиной изоляции  $\Delta_{из} = 2$  мм. Радиус вулканизационной трубы  $r_3 = 37,5$  мм [1]. Материал жилы – медь, материал изоляционного слоя – резина. Начальная ( $t = 0$ ) температура кабеля  $T_0 = 90$  °С, в качестве вулканизационной среды используется насыщенный водяной пар, температура пара поддерживается нагревательным устройством, находящимся на боковой стенке трубы.

Область решения рассматриваемой задачи представлена на рис. 1.

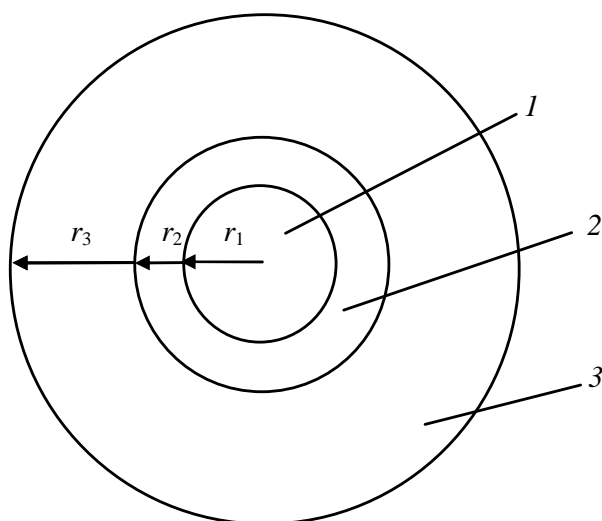


Рис. 1. Область решения задачи: 1 – металлическая жила; 2 – изоляционный слой; 3 – вулканизационная труба

Изделие с начальной температурой  $T_0$  поступает в вулканизационную трубу, имеющую температуру  $T_v$ , где происходят нагрев и вулканизация изоляционного слоя.

В работе были сделаны следующие допущения:

1. Поверхность контакта жилы с изоляцией считалась идеальной;
2. Диффузия тепла вдоль кабеля не учитывалась;
3. Коэффициенты теплопроводности металла (меди) и резины не зависели от температуры;

4. Энергия активации не изменяется в пределах рассматриваемых температур.

5. Считалось, что функция  $V_0$  по оси  $z$  аппроксимируется кусочно-постоянной функцией. Тогда для любой точки будет справедливо условие (при  $V_0 = \text{const}$ ):

$$\bar{z} = \bar{V}_0 \cdot \bar{t}. \quad (1)$$

С учетом этого соотношения можно записать

$$V_0 = \frac{\partial z}{\partial t}. \quad (2)$$

Введение этого предположения и замена переменной  $V_0$  позволяют перейти от решения трехмерной стационарной задачи к решению двумерной нестационарной.

С учетом сделанных допущений система дифференциальных уравнений, описывающих процесс теплопроводности с учетом кинетических реакций, имеет вид [2, 3]:

– уравнение теплопроводности для жилы кабеля:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial}{\partial y} \right) = c_1 \rho_1 V_0 \frac{\partial T_1}{\partial t}; \quad (3)$$

– уравнение энергии для изоляционного слоя кабеля:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial}{\partial y} \right) = Q_{\text{п}} w_{\text{п}} = c_2 \rho_2 V_0 \frac{\partial T_2}{\partial t}; \quad (4)$$

$$w_{\text{п}} = \rho_2 \frac{\partial \phi}{\partial t}; \quad \frac{\partial \phi}{\partial t} = (1 - \phi) k_0 \exp \left( -\frac{E}{RT_2} \right); \quad (5)$$

– уравнения энергии для воздуха:

$$\rho c \left( U_x \frac{\partial}{\partial x} + U_y \frac{\partial}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial}{\partial y}; \quad (6)$$

– уравнение движения для воздуха:

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_3} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial U_x}{\partial y}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial U_y}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_y}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_3} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial U_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial U_y}{\partial y} + \frac{g\beta(T - T_0)}{\rho_3}; \quad (8)$$

– уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho_3}{\partial t} + U_x \frac{\partial \rho_3}{\partial x} + U_y \frac{\partial \rho_3}{\partial y} = \rho_3 \left( \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} \right). \quad (9)$$

Начальные условия ( $t = 0$ ):

$$T_1(r, 0) = T_2(r, 0) = T_0, \quad (10)$$

$$T_3(r, 0) = T_B, \quad (11)$$

$$\varphi_0 = 0.$$

Граничные условия:

$$r = 0, \quad \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0, \quad (12)$$

$$r = r_1, \quad \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad T_1 = T_2, \quad (13)$$

$$r = r_2, \quad \lambda_2 \frac{\partial T_1}{\partial r} = \alpha(T_B - T_2) + \sigma \varepsilon_{\text{пр}} (T_B^4 - T_2^4), \quad (14)$$

$$r = r_3, \quad T_1 = T_B,$$

где  $T_B$  – температура среды вулканизации, °С;  $T_0$  – начальная температура жилы и изоляции, °С;  $E_a$  – энергия активации химической реакции, кДж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);  $\alpha$  – коэффициент теплообмена с окружающей средой, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – приведенная степень черноты;  $c$  – теплоемкость, Дж/кг·°К;  $w_{\text{п}}$  – скорость полимеризации;  $\varphi$  – степень полимеризации;  $\lambda$  – теплопроводность, Вт/м·°С;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $V_0$  – скорость движения жилы и изоляции, м/с;  $Q_{\text{п}}$  – теплота химической реакции полимеризации, Дж/кг;  $k_0 = 5 \cdot 10^5$  – предэкспонент химической реакции, с<sup>-1</sup>;  $U_x, U_y$  – компоненты вектора скорости воздуха в канале;  $\mu$  – вязкость, Па·с;  $P$  – отклонение давления воздуха от гидростатического, Па;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\beta$  – коэффициент термического расширения, К<sup>-1</sup>;

Индексы: 1 – для жилы, 2 – для изоляции, 3 – для среды вулканизации.

**Математическая модель.** Математическое моделирование выполнено при следующих значениях параметров:  $T_B = 210$  °С;  $T_0 = 90$  °С;  $\alpha = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>К);  $c_1 = 385$  Дж/кг·°К;  $c_2 = 1380$  Дж/кг·°К;  $c_3 = 1004$  Дж/кг·°К;  $\lambda_1 = 400$  Вт/м·°К;  $\lambda_2 = 0,13$  Вт/м·°К;

$\lambda_3 = 0,026 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$ ;  $\rho_1 = 8700 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_2 = 1200 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_3 = 1,185 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $E_a = 66 \text{ кДж/моль}$ ;  $Q_{\text{п}} = 6000 \text{ Дж/кг}$ ;  $k_0 = 5 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ ;  $\nu = 1,831 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  
 $r_1 = 7,87 \text{ мм}$ ;  $r_2 = 9,87 \text{ мм}$ ;  $r_3 = 37,5 \text{ мм}$ .

В результате выполненных численных исследований найдено изменение степени полимеризации в точке на границе раздела двух сред «медь–резина» с течением времени. Зависимость представлена на рис. 2.

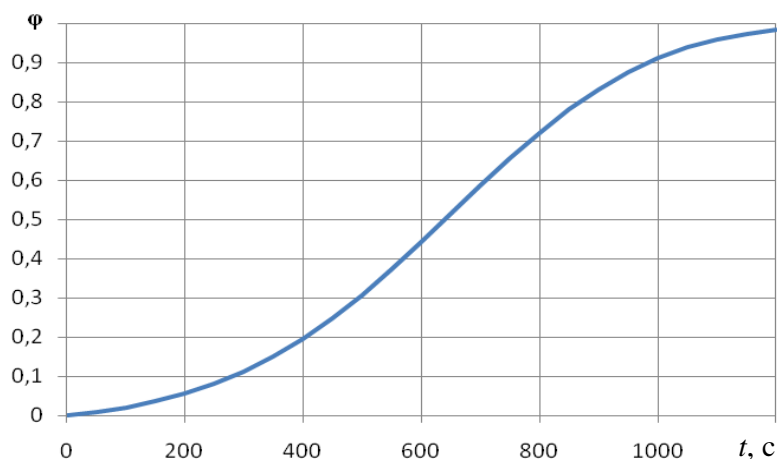


Рис. 2. Изменение степени полимеризации на границе раздела «медь–резина» с течением времени

В момент времени  $t = 1200 \text{ с}$  степень полимеризации становится равной  $\phi = 0,98$ . При таком значении в самой удаленной от поверхности изоляции точке можно утверждать о завершении реакции полимеризации.

Также было получено изменение степени полимеризации на поверхности изоляционного слоя (рис. 3).

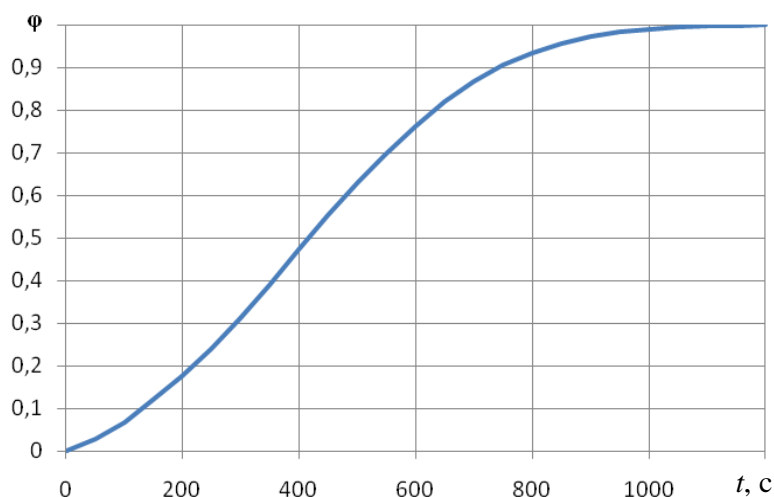


Рис. 3. Изменение степени полимеризации на поверхности изоляционного слоя с течением времени

На рис. 3 достаточно хорошо видно, что уже в момент времени  $t = 1000$  с поверхностный слой полностью полимеризовался. Разница завершения реакции в 200 с между точкой на поверхности и точкой у жилы обуславливается относительно медленным прогревом изоляции по толщине. Для наглядности приведено распределение температуры по радиусу кабеля (рис. 4).

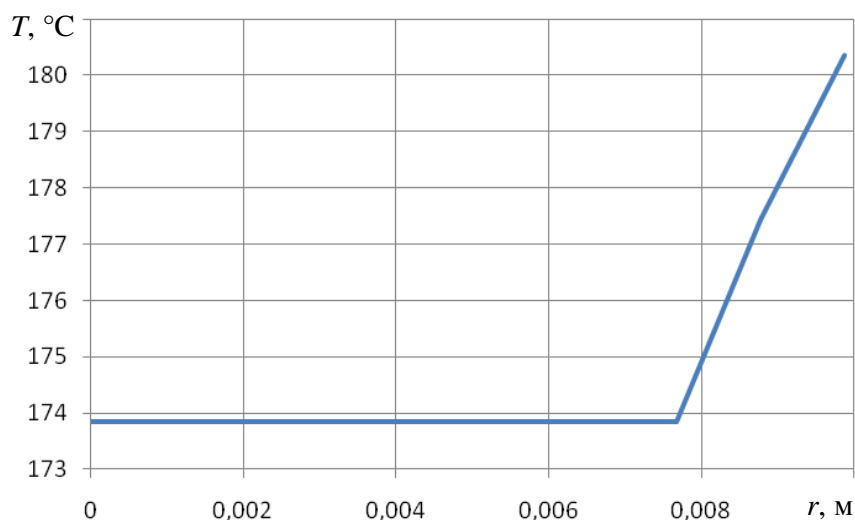


Рис. 4. Распределение температуры по радиусу кабеля в момент времени  $t = 1200$  с

Из полученного результата видно, что температура изоляции растет с увеличением радиуса изоляционного слоя. Такое изменение температуры резины, в отличие от меди, обуславливается разной теплопроводностью материалов (0,13 и 400 Вт/м<sup>°К</sup>).

### Библиографический список

1. Белоусов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник. – М.: Энергия, 1971. – 595 с.
2. Аваев А.А., Осипов Ю.Р., Павлов В.В. Математическая модель нагрева двухслойной пластины в системе «металл–эластомер» в процессе термической вулканизации эластомера // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 7. – С. 3–4.
3. Зиннатуллин Р.Р, Труфанова Н.М. Численное моделирование технологических напряжений при изготовлении пластмассовой изоляции провода // Вычислительная механика сплошных сред Computational Continuum Mechanics. – 2009. – Т. 2. – № 1. – С. 38–53.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАПОЛНЕНИЯ КАБЕЛЬНОГО КАНАЛА НА МАКСИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ

Студент гр. КТЭИ-09-1 ПНИПУ М.В. Марковский  
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор  
кафедры КТЭ ПНИПУ *Н.М. Труфанова*

В данной работе рассматривается проблема заполнения кабельного канала кабельными линиями.

В статье «Снижения затрат при капитальном строительстве кабельных сооружений» [1] была приведена информация о новом способе крепления кабелей. Предлагается дополнительно крепить кабели к нижней части полки. В данной работе проверялась возможность использования новых креплений с целью определения их влияния на максимальную температуру изоляции.

Вокруг кабельного канала–земля. Теплопроводность земли принята равной теплопроводности бетона. Внутри кабельного канала находится воздух. Геометрические размеры кабельного канала и расположение кабелей показаны на рис. 1.

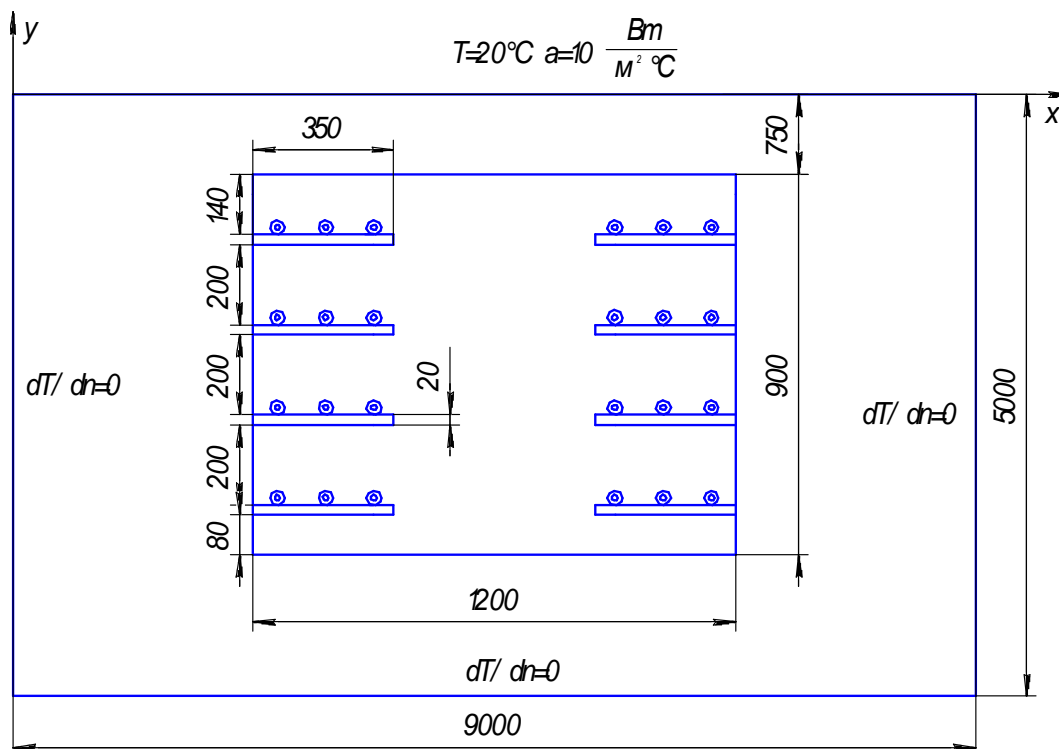


Рис. 1. Геометрические размеры и граничные условия кабельного канала



Кабельная линия состоит из 3 кабелей марки ПвП2Г 1х150/35-20. Наружный диаметр составляет 36 мм, а диаметр ТПЖ – 14 мм. Расстояние между кабелями – 70 мм.

При решении задач учитывались: естественная конвекция воздуха в кабельном канале, лучистый теплообмен, гравитационная составляющая для описания конвективного теплопереноса.

Математическая модель движения и теплоперенос воздуха основываются на законах сохранения массы, количества движения и энергии [2].

Были сделаны следующие допущения: задача стационарная, течение ламинарное, теплопроводность материалов постоянная, сложная конструкция изоляции, оболочки и других конструктивных элементов кабеля заменена однородным монолитом из сшитого полиэтилена с усредненными свойствами.

С учетом сделанных предположений система дифференциальных уравнений в двухмерной постановке, описывающих процессы теплопереноса в кабельном канале, имеет следующий вид:

– уравнение движения:

$$U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial U_x}{\partial y}, \quad (1)$$

$$U_x \frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_y}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial U_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial U_y}{\partial y} + \frac{g\beta(T - T_0)}{\rho}, \quad (2)$$

– уравнение неразрывности:

$$U_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + U_y \frac{\partial \rho}{\partial y} = \rho \left( \frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} \right), \quad (3)$$

– уравнение энергии для воздуха:

$$\rho c \left( U_x \frac{\partial t}{\partial x} + U_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial t}{\partial y}, \quad (4)$$

– уравнение теплопроводности для кабельных линий:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + q_v = c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (5)$$

– уравнение теплопроводности для массива земли:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) = c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (6)$$

где  $x, y$  – декартовы координаты;  $U_x, U_y$  – компоненты вектора скорости воздуха в канале;  $t$  – температура, °С;  $P$  – отклонения давления воздуха от гироскопического;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\rho, \mu$  – плотность и вязкость воздуха;  $\rho_0$  – плотность воздуха при температуре  $t_0 = 20$  °С,  $q_v$  – мощность внутреннего источника тепла;  $\beta$  – температурный коэффициент плотности воздуха;  $\lambda$  – теплопроводность материалов.

Плотность воздуха зависит от температуры по закону Буссинеска:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 - \beta(t - t_0)]. \quad (7)$$

Результаты расчетов при выборе распределения Буссинеска на основании статьи [3] дают малую погрешность.

Система дифференциальных уравнений (1)–(10) замыкается следующими граничными условиями: на твердых непроницаемых границах канала и на поверхности кабелей для компонент скоростей задается условие прилипания; на поверхности земли задано граничное условие третьего рода по температуре, коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  с поверхности земли равен  $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$ , а температура окружающей среды  $T_0 = 20$  °С; на остальных границах в массиве земли заданы адиабатические условия теплообмена; на границах контакта разнородных сред задавались граничные условия четвертого рода и условия сопряжения температур.

Конвективный теплообмен между кабелями и стенками дополняется теплообменом, излучением между сегментами поверхности, являющимися границами области, занятой в данном пространстве воздухом. Воздух трактуется как прозрачная среда, не поглощающая тепловое излучение, а граничные поверхности, участвующие в теплообмене, трактуются как серые поверхности.

Расчет суммарной плотности радиационного потока на поверхностях выполняется матричным методом. Плотность эффективного излучения сегмента поверхности определяется как

$$J_i = \varepsilon_i \sigma T_i^4 + (1 - \varepsilon_i) F_{i-j} J_j, \quad (8)$$

где  $J_j$  – излучение сегмента  $j$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $F_{i-j}$  – угловой коэффициент от поверхности  $i$  к поверхности  $j$ ;  $\varepsilon_i$  – степень черноты поверхности  $i$ ;  $T_i$  – температура  $i$ -го сегмента поверхности, К;  $\sigma$  – постоянная Стефана–Больцмана, равная  $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

Суммарная плотность радиационного потока на любом сегменте поверхности  $i$  вычисляется как

$$q_i = \varepsilon_i \sigma T_i^4 - \varepsilon_i \sum_j^N F_{i-j} J_j. \quad (9)$$

Плотность радиационного потока рассчитывается по уравнению (9) с помощью итерационной процедуры при использовании значений  $J_j$ , полученных из системы уравнений (8), и линеаризованных членов  $T_i^4$ , ограничиваясь первыми двумя членами его разложения в ряд Тейлора относительно  $T_i^4$ :

$$T_i^4 = 4(T_i^k)^3 T_i^{k+1} - 3(T_i^k)^4, \quad (10)$$

где  $T_i^k$  – температура сегмента поверхности из предыдущей итерации  $k$ .

Мощность теплового потока составляет 55 000 Вт/м<sup>3</sup>, который соответствует токовой нагрузке 260 А.

Поставленная задача (1)–(10) решалась численно методом конечных элементов в среде инженерных расчетов *Fluent*. Был проведен анализ сходимости решения при разбиении на конечные элементы. В результате анализа было выяснено, что необходимое количество равно 200 000 узлов.

В работе проведено исследование температурного поля при заданном распределении кабельных линий и при их перераспределении путем уплотнения, предложенным в статье [1].

В результате были получены температурные поля, которые представлены на рис. 2.

Из рис. 2, а видно, что нижние и средние кабельные линии имеют наибольшую максимальную температуру изоляции – 90 °С. Верхние кабельные линии имеют наименьшую максимальную температуру изоляции – 82 °С. Такое распределение температуры объясняется разными условиями теплообмена.

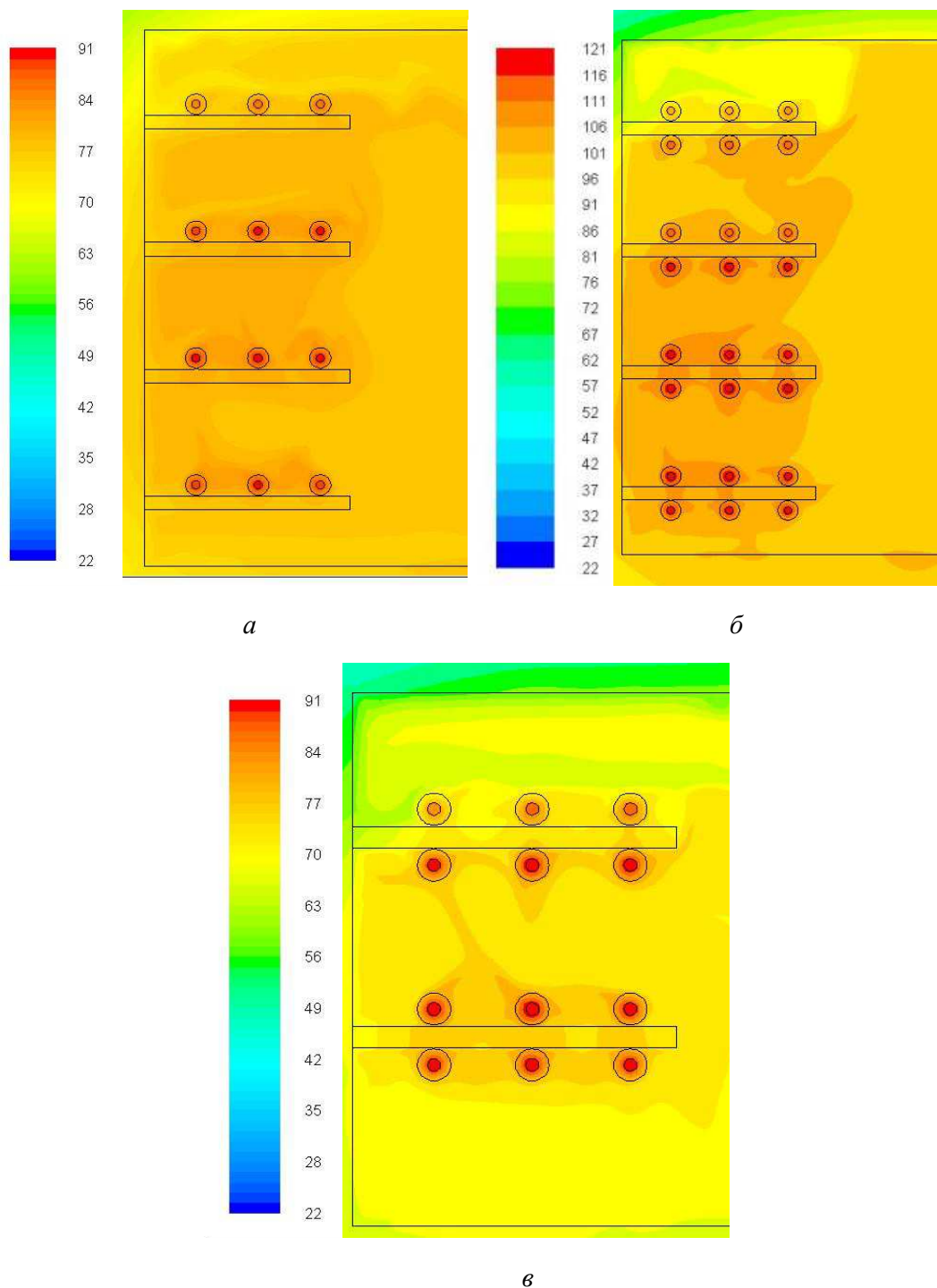


Рис. 2. Температурное поле внутри кабельного канала: *a* – при изначальном распределении кабельных линий; *б* – при двойном увеличении кабельных линий; *в* – при неизменном количестве кабельных линии в уменьшенном канале

При уплотнении кабельного канала (рис. 4, *б*) происходит увеличение максимальной температуры до 121 °С. Это связано с тем, что ухудшаются условия теплообмена в связи с близким расположением кабельных линий. При уменьшении размеров кабельного канала

(рис. 4, в) с сохранением прежнего количества кабельных линий (как на рис. 4, а) и при увеличении плотности расположения кабелей максимальная температура изоляции не изменилась, так как кабельные линии в этом случае расположены ближе к поверхности земли, что увеличивает теплоотвод.

**Выводы:**

- использование кабельного канала с увеличенным числом кабельных линий возможно, если уменьшить токовую нагрузку;
- использование уменьшенного канала при неизменном количестве кабельных линий не изменяет максимальную температуру изоляции и может быть применено на практике с целью уменьшения габаритов кабельного канала для уменьшения себестоимости.

**Библиографический список**

1. Снижение затрат при капитальном строительстве кабельных сооружений // Кабель–news. – 2014. – № 1. – С. 34–35.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 848 с.
3. Liu C.Y., Mueller W.K., Landis F. Natural convection heat transfer in long horizontal cylindrical annuli // Developments in Heat Transfer. – 1961. – 976 p.

## ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ И ТЕПЛОСБЕРЕЖЕНИЕ ЖИЛОГО ДОМА

Студенты гр. МЭ-126 ПНИПУ А.А. Макаров, И.В. Земсков

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор

кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ В.В. Туунов

Для экономии тепловой и электрической энергии необходимо рассмотреть и знать, как происходит потеря энергии в здании, в частности в жилом коттедже. Проиллюстрируем этот процесс потери и поступления энергии в помещение индивидуального дома (квартиры, здания) на примере, показанном на рисунке [1–3].

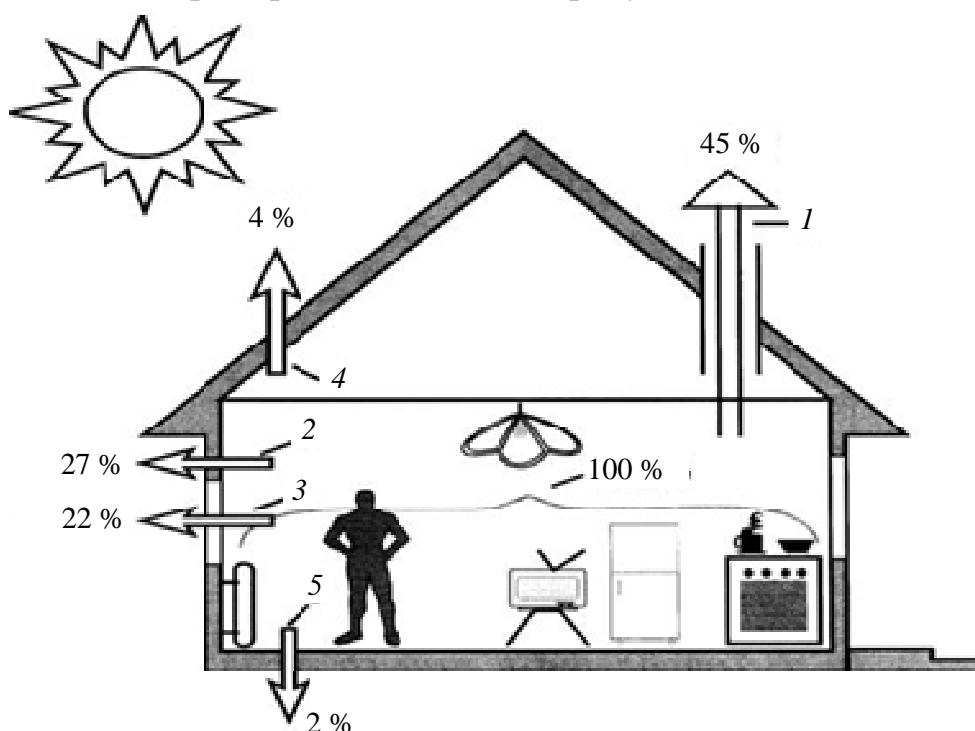


Рис. Источники тепловыделения и тепловых потерь в жилом доме

Поступление теплоты в помещение осуществляется от следующих источников:

- 1) система отопления;
- 2) тепловыделения людей;
- 3) работающие электрические приборы (холодильник/морозильник, телевизор, компьютер и т.д.);
- 4) плиты (во время приготовления пищи);
- 5) осветительные приборы (освещения);
- б) солнечная радиация.

В сумме теплопоступления составляют 100 %.

Потери теплоты (*теплопотери в здании в их процентном отношении*) согласно среднестатистическим данным по многим веб-сайтам выглядят примерно так:

1) до 39–45 % – за счёт воздухообмена (через вентиляционные отверстия, дымоход), а также учитывая инфильтрацию теплоты;

2) до 26–27 % – через наружные стены (наружные ограждающие конструкции);

3) до 22–24 % через неутеплённые двери и окна;

4) в индивидуальном доме: до 4 % – через крышу и перекрытия; до 2 % – через пол, подвал. В многоэтажном многоквартирном доме: до 11 % – через подвал, перекрытия, лестничные клетки.

Тепловые потери зависят от нескольких основных факторов:

1) от разницы температур вне и внутри здания: чем больше эта разница, тем больше тепловые потери, значительна теплопотеря от выдувания тепла ветром;

2) от площади стен здания: здесь наблюдается прямая зависимость – чем больше площадь, тем больше тепловые потери;

3) от материала стен: тепловых потерь меньше тогда, когда стены лучше теплоизолированы, или, как говорят теплотехники, имеют высокий коэффициент термического сопротивления;

4) от расположения здания в пространстве относительно других зданий: затраты на обогрев отдельно стоящего здания гораздо больше, чем такого же, но расположенного внутри плотной группы зданий.

**Расчет тепловых потерь жилого дома.** Интенсивность теплопотерь определяется двумя факторами: разницей температур внутри и снаружи дома и термическим сопротивлением его ограждающих конструкций при теплопередаче. Разделив разницу температур  $\Delta\tau$  на коэффициент сопротивления теплопередаче  $P_o$  стен, кровли, пола, окон и дверей и умножив на суммарную площадь  $S$  их поверхности, можно вычислить интенсивность теплопотерь  $\Theta$  по формуле расчета тепловых потерь:

$$\Theta = \left( \frac{\Delta\tau}{P_o} \right) \cdot \sum S. \quad (1)$$

Расчет необходимых мощностей для обогрева дома по месяцам, Вт

Январь	5972,27	Март	4662,91	Май	1880,52	Ноябрь	4662,91
Февраль	5644,93	Апрель	3026,21	Октябрь	3517,22	Декабрь	5644,93

Кроме основных источников тепла в виде систем отопления имеются неосновные источники тепловыделения, такие как люди (252 Вт, в среднем), осветительные приборы (191 Вт), отопительные приборы, газовые и электрические плиты, а также бытовая техника (1557 Вт). Они в условиях индивидуального дома выделяют в среднем примерно 2 кВт тепловой мощности.

Для экономии тепла в первую очередь следует подумать об утеплении стен и фасада, на долю которых, как показано ранее, приходится значительный объём всех теплопотерь дома. В общем случае для этого может использоваться внешнее или внутреннее дополнительное утепление. Однако внутреннее утепление гораздо менее эффективно: при монтаже теплоизоляции изнутри дома граница раздела тёплой и холодной областей «перемещается» внутрь дома, т.е. в толще стен будет конденсироваться влага, что является неприемлемым.

Существуют два способа утепления фасадов: «мокрый» (штукатурка) и путём установки навесного вентилируемого фасада. Практика показывает, что из-за необходимости постоянного ремонта «мокрое» утепление с учётом эксплуатационных расходов оказывается в итоге почти вдвое дороже вентилируемого фасада.

Утепление фасада – наиболее показательный пример энергоэффективного теплосбережения для индивидуального дома. Однако это не значит, что на прочие факторы не стоит обращать внимания.

Ещё одно обязательное условие экономии – грамотное утепление кровли, будь она холодной или тёплой. Если кровля смонтирована неправильно, то потери тепла могут быть очень велики.

К примеру, при намокании утеплителя всего на 5 % его теплоизоляционные свойства ухудшаются вдвое. Например, если в норме теплопотери через кровлю в нашем случае были равны 0,88 кВт, то при незначительном увлажнении утеплителя они возрастут вдвое и составят 1,76 кВт. Анализ показал, что в пересчёте на «деньги» эта 5%-ная сырость может «вылиться» владельцу дома в дополнительные расходы на отопление до 37 тыс. рублей в год (в зависимости от системы отопления и топлива).

Установка в доме окон со специальным «серебряным» покрытием на стёклах также позволит сократить теплопотери, причём разница в цене по сравнению с обычными стеклопакетами окупится в течение одного года. Если же говорить о мансарде, то здесь следует применять только специальные мансардные окна, так как только их,



благодаря конструктивным особенностям, можно монтировать в плоскости кровли, не опасаясь протечек. Кроме того, стёкла в таких окнах обычно имеют специальное энергосберегающее покрытие.

В качестве дополнительного «барьера» для холода можно установить также более тёплые входные двери с тамбуром, утеплить фундамент и коммуникации.

Стены подвала необходимо защитить теплоизоляцией от промерзания. При этом правильно выполненная теплоизоляция стен неотапливаемого подвала поможет держать там температуру на уровне температуры грунта (в средней полосе России это составляет: +5...10°C), что способствует существенному теплосбережению всего дома и позволяет эффективно использовать подвал в хозяйственных целях как холодильник, не требующий энергопитания.

### **Библиографический список**

1. Тепловой баланс дома. – URL: <http://domteplo.blogspot.ru/2012/09/blog-post.html> (дата обращения: 01.05.2014).
2. Расчет системы отопления теплого дома. – URL: <http://domisad.org/raschetsistemyotopleniya/> (дата обращения: 01.05.2014).
3. Тиунов В.В. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 90 с.

# ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И МОНТАЖНЫХ ДЕФЕКТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ СИЛОВОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО КАБЕЛЯ

Студент гр. КТЭИ-09 ПНИПУ Д.А. Шишкин  
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор  
кафедры КТЭ ПНИПУ А.Г. Щербинин

Бесперебойное электроснабжение объектов различного назначения невозможно без обеспечения надежности и долговечности кабельных линий. Эти параметры в значительной степени зависят от соблюдения технологического режима изготовления кабелей, правильности их прокладки, а также эксплуатации.

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (рис. 1) в полной мере отвечают вышеперечисленным требованиям, поэтому в новых проектах по строительству кабельных линий высокого напряжения применяются только кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.

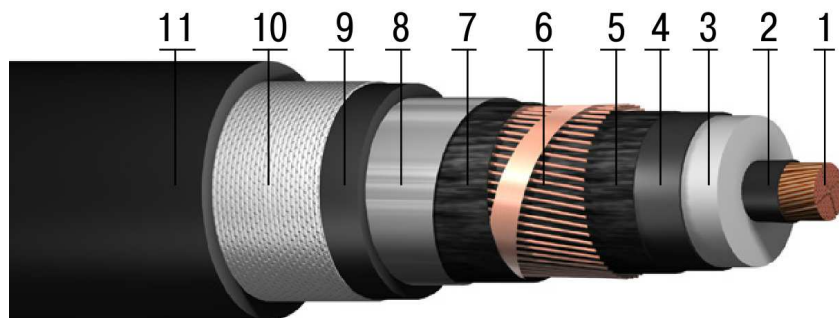


Рис. 1. Конструкция кабеля марки АПвВнг2г с изоляцией СПЭ:

- 1 – алюминиевая токопроводящая жила;
- 2 – экструдированный электропроводящий экран по жиле;
- 3 – изоляция из сшитого полиэтилена; 4 – экструдированный электропроводящий экран по изоляции; 5 – электропроводящая водоблокирующая лента; 6 – экран из медных проволок, повитых медной лентой; 7 – разделительный слой водоблокирующей ленты; 8 – алюмополимерная лента;
- 9 – внутренняя оболочка из поливинилхлоридного пластика;
- 10 – стеклолента; 11 – оболочка из поливинилхлоридного пластика

Изменение электрического поля во времени предполагается косинусоидальным, в связи с чем для решения поставленной задачи используется метод комплексных амплитуд [1]. Тогда распределение электрического поля в кабеле описывается дифференциальным уравнением [2]

$$\nabla([\varepsilon - ig / \omega]\nabla U) = 0, \quad (1)$$

где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;  $\omega$  – циклическая частота;  $U$  – электрический потенциал;  $g$  – проводимость среды.

На поверхности токопроводящей жилы задается фазное напряжение 64 кВ, а на экране напряжение, равное 0 В.

Диаметр ТПЖ составляет 33,4 мм,  $S_{ж} = 800 \text{ мм}^2$ , проволочный экран состоит из 38 проволок диаметром 2 мм,  $S_3 = 120 \text{ мм}^2$ . Толщина полупроводящего слоя по жиле составляет 1,6 мм, толщина изоляции составляет 14,5 мм, толщина полупроводящего слоя по изоляции равняется 1,3 мм.

В таблице приведены электрические свойства материалов [3].

Электрические свойства используемых в кабеле материалов

Элемент конструкции	Проводимость, См/м	Диэлектрическая проницаемость
Алюминиевая жила	$38 \cdot 10^6$	–
Внутренний ПП экран	0,1	100
СПЭ изоляция	0	2,25
ПП экран поверх изоляции	0,6	100
ПП водоблокирующее волокно	0,02	100
Медный экран	$58 \cdot 10^6$	–
ПВХ - пластикат	0	3,5
Воздух	0	1,0006

Уравнение (1) решается методом конечных элементов [4]. Количество элементов сетки составляет 59 176.

На рис. 2, *а* приведено распределение электрического поля кабеля с учетом полупроводящего экрана, а на рис. 2, *б* – без него.

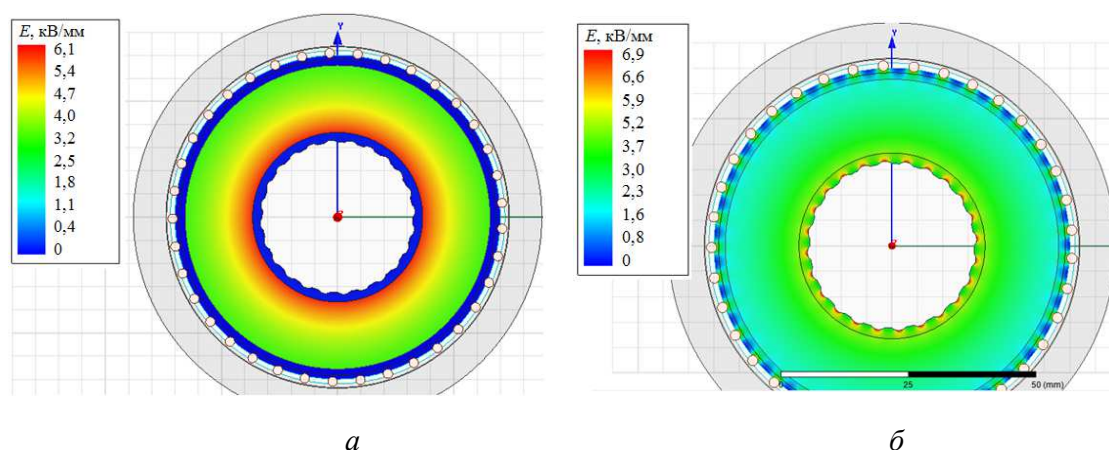


Рис. 2. Электрическое поле кабеля: *а* – в условиях целостности конструкции и отсутствия конструктивных дефектов; *б* – в условиях отсутствия полупроводящих слоев по жиле и изоляции

Электрическое поле при стандартной конструкции кабеля не имеет локальных максимумов. Максимальное значение напряженности  $E_{\max} = 6,1$  кВ/мм достигается вблизи экрана по жиле.

В случае отсутствия полупроводящих слоев имеет место локальное увеличение на 13 % напряженности электрического поля вблизи неоднородностей поверхности жилы и проволок медного экрана  $E_{\max} = 6,9$  кВ/мм (рис. 3). Локальное увеличение напряженности приводит к ускоренному старению изоляции и, как следствие, снижению срока эксплуатации кабеля.

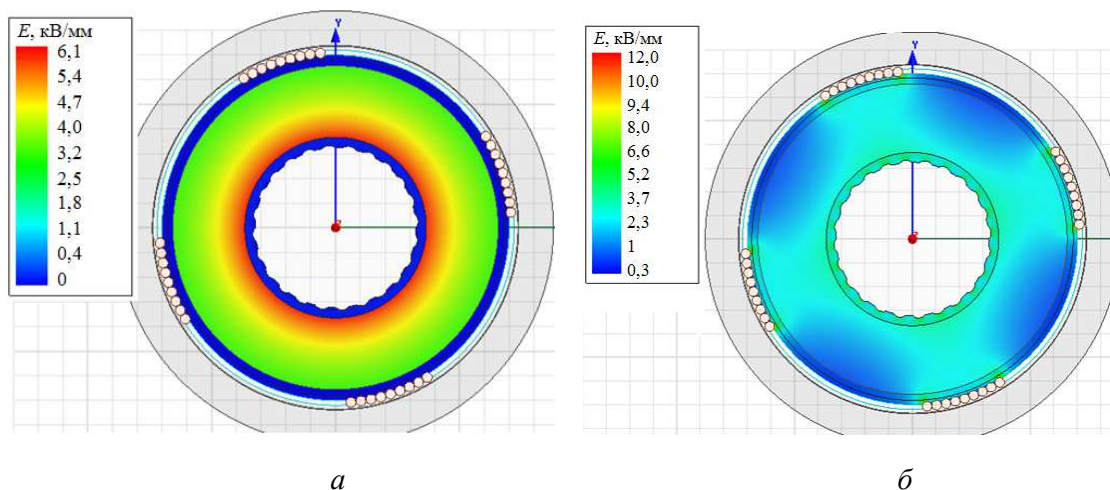


Рис. 3. Электрическое поле кабеля при смещении проволок экрана: *а* – полупроводящие слои присутствуют; *б* – полупроводящие слои отсутствуют

Согласно техническим условиям на данный кабель [5] расстояние между соседними проволоками экрана не должно превышать 8 мм. Проанализируем перераспределение электрического поля (см. рис. 3) кабеля в случае конструктивного дефекта – смещения проволок экрана относительно друг друга.

Нарушение конструкции медного экрана при наличии полупроводящих слоев не влечет за собой значительного перераспределения напряженности электрического поля. В случае если полупроводящие слои отсутствуют, нарушение конструкции проволочного экрана приводит к значительным изменениям картины поля и увеличению  $E_{\max}$  на 96 %, что значительно ускоряет процессы старения изоляции кабеля и ведет к его пробое.

Одной из причин выхода из строя кабеля является нарушение целостности его оболочки или изоляции. Это, как правило, проколы и порезы, возникающее в процессе монтажа. Смоделируем прокол кабеля острым колющим предметом. Построим картину электрического поля в воздушном включении, оставленном после прокола (рис. 4).

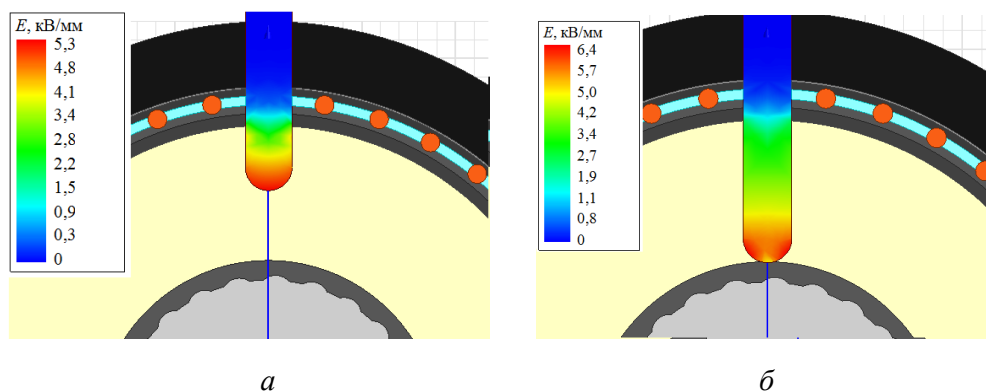


Рис. 4. Напряженность электрического поля в воздушном включении:  
*a* – глубина проникновения  $h = 0,5\Delta_{из}$ ; *б* – глубина проникновения  $h = \Delta_{из}$

В случае прокола на половину толщины изоляции напряженность электрического поля в воздушном включении  $E_{\max} = 5,3$  кВ/мм. Местное увеличение напряженности электрического поля приводит к ионизационным процессам и появлению начальных электронов. После продолжительной деструкции изоляции возможны образование электронных лавин и пробой оставшегося изоляционного промежутка.

В случае если колющий предмет достиг полупроводящего слоя по жиле, в воздушном включении, оставленном после него, возникнет напряженность электрического поля  $E_{\max} = 6,4$  кВ/мм. Это значение превышает электрическую прочность воздуха  $E_{пр} = (3...4)$  кВ/мм [6]. При подаче на токопроводящую жилу кабеля напряжения немедленно произойдет пробой воздушного промежутка.

### Библиографический список

1. Гроднев, И.И., Верник С.М. Линии связи: учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1988. – 544 с.
2. Борисов П.А. Потенциальные электрические поля. – СПб.: ГУИТМО, 2006. – 108 с.
3. Справочник по электротехническим материалам. Т.2 / под ред. Ю.В. Корицкого [и др.]. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
5. ТУ 16.К180-022-2010. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.
6. Основы кабельной техники: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Леонов [и др.]; под ред. И.Б. Пешкова. – М.: Академия, 2006. – 432 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК ДВИГАТЕЛЯ**

**Студент гр. ЭМ-10 ПНИПУ А.А. Левин**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ *А.Т. Ключников*

Показатель эффективности электрических двигателей в период нормальной эксплуатации напрямую зависит от числа его отказов. Одной из причин появления отказов является термическое повреждение изоляции обмоток, вызванное повышением их температуры. Температуру обмоток определяют при испытаниях двигателя на нагрев в соответствии с ГОСТ 11828-66 [1]. Испытания на нагрев производят для определения абсолютной температуры и превышения температуры обмотки электродвигателя относительно температуры охлаждающей среды при номинальной нагрузке. Электроизоляционные материалы, применяемые в конструкциях электрических машин, стареют и постепенно теряют электрическую и механическую прочность. Скорость старения изоляции в значительной мере зависит от небольшого превышения номинальной температуры. Срок службы изоляции связан с рабочей температурой зачастую в логарифмическом масштабе, то есть зависимость может быть представлена в прямом виде [2].

Известно, что одним из свойств металлов является их способность изменять свое электрическое сопротивление с ростом температуры [3]. В данном случае авторы статьи поставили цель определить температуру статорной обмотки, вычисленную аналитически, с последующим сравнением со значениями, полученными в результате эксперимента, а также получить данные, на основе которых можно сделать вывод о жизнеспособности представленного метода измерений.

Для проведения экспериментальных исследований был использован стенд, включающий в себя: источник питания на основе преобразователя частоты (ПЧ), переключатель фаз двигателя между ПЧ и измерительным мостом сопротивления (МС). Использование моста сопротивлений типа МО-62 обусловлено его точностью, так как погрешность измерений в диапазоне от 0,1 до 105 Ом не превышает 0,1 %.

В результате проведения опыта по измерению температуры обмотки двигателя были получены зависимости сопротивлений от времени, которые представлены на рис. 1.

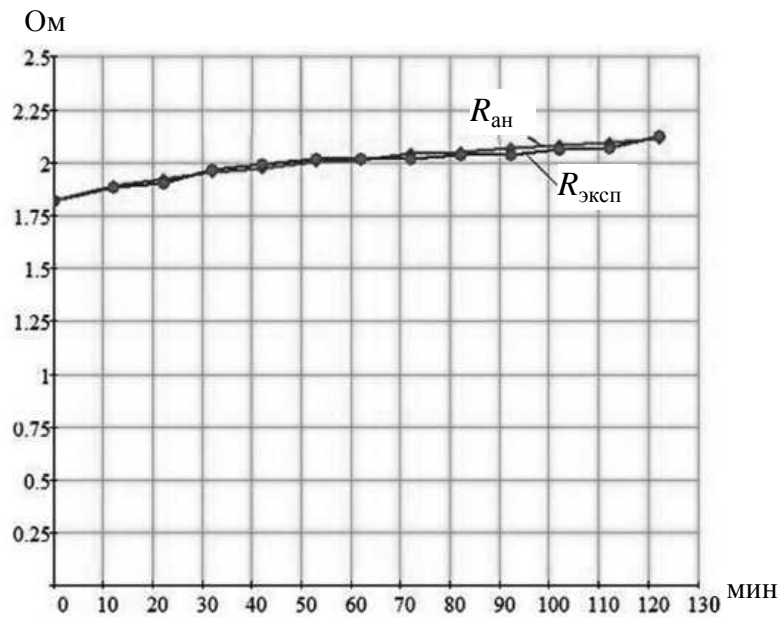


Рис. 1. Изменения расчетных и измеренных сопротивлений с течением времени

Время прогрева обмотки составило порядка двух часов, что сопровождалось спадающим током в пределах от 10,6 до 9,5 А. Действующее значение напряжения, подводимое к обмотке статора, практически было неизменно. Экспериментальное сопротивление –  $R_{OM}$  является базовым, так как определено с высокой точностью с помощью моста МО62. Расчетное значение сопротивления  $R_{VI}$  можно получить при помощи уравнения электромагнитной мощности, учитывающее потери в меди статора [4]. Однако для обеспечения точности наблюдений за динамикой изменения растного сопротивления в зависимости от величины тока было использовано выражение

$$R_{VI} = \frac{U - f \cdot \Delta U}{I} - 0,255, \quad (1)$$

где  $f$  – частота напряжения в эксперименте, 0255 – величина, учитывающая сопротивления проводов от ПЧ до точки измерения мостом МО62,  $\Delta U$  – коэффициент увеличения напряжения на 1 Гц.



Значения расчетных сопротивлений практически совпадают с измеренными сопротивлениями, приведенными на рис. 1.

Величина абсолютной погрешности [5] расчетного сопротивления вычислена по формуле

$$A_R = R_{VI} - R_{OM}. \quad (2)$$

Для вычисления величины приращения температуры обмотки  $\Delta\theta$  согласно ГОСТу 6651-2009, регламентирующему общие технические требования и методы испытаний сопротивления из меди в диапазоне температур от 0 до 200 °С, целесообразно использовать формулу

$$\Delta\theta = 235 \cdot \frac{R_T}{R_O} - 235, \quad (3)$$

где  $R_T$  – нарастающее значение сопротивления в процессе проведения опыта,  $R_O$  – значение сопротивления обмотки при температуре окружающей среды.

Тогда, используя выражение (3) для вычисления приращения температуры, получаем графики, представленные на рис. 2.

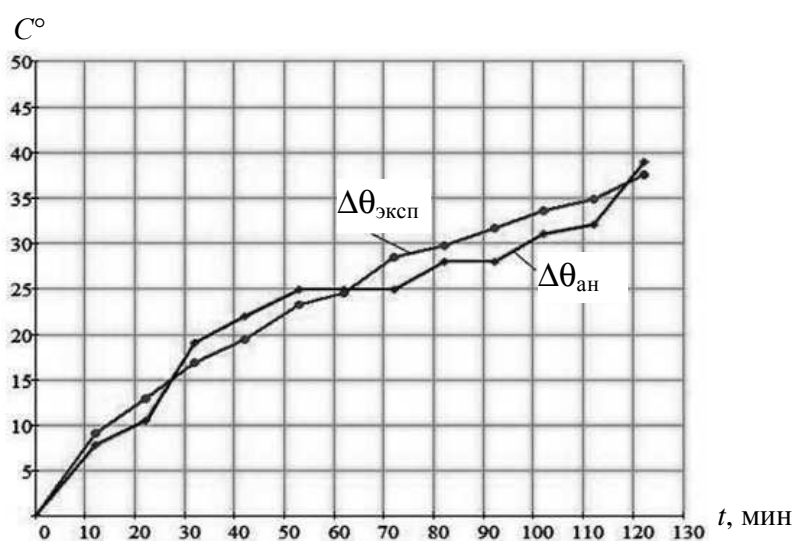


Рис. 2. Изменение приращений температуры с течением времени

Для вычисления приращения температуры (аналитически) так же используем выражение (3), присваивая значению  $R_T$  данные, полученные аналитическим путем по (1), а  $R_O$  – значение сопротивления обмотки в нулевой точке времени. График зависимости приращения



температуры, полученный при использовании (1),(2),(3), также приведен на рис. 2.

На основе результатов, представленных на рис. 2, найдем величину абсолютной погрешности приращения температуры по формуле

$$A_{\theta} = \Delta\theta_{VI} - \Delta\theta_{OM}. \quad (4)$$

График изменения величины абсолютной погрешности приращения температуры  $A_{\theta}$  с течением времени  $t$  представлен на рис. 3.

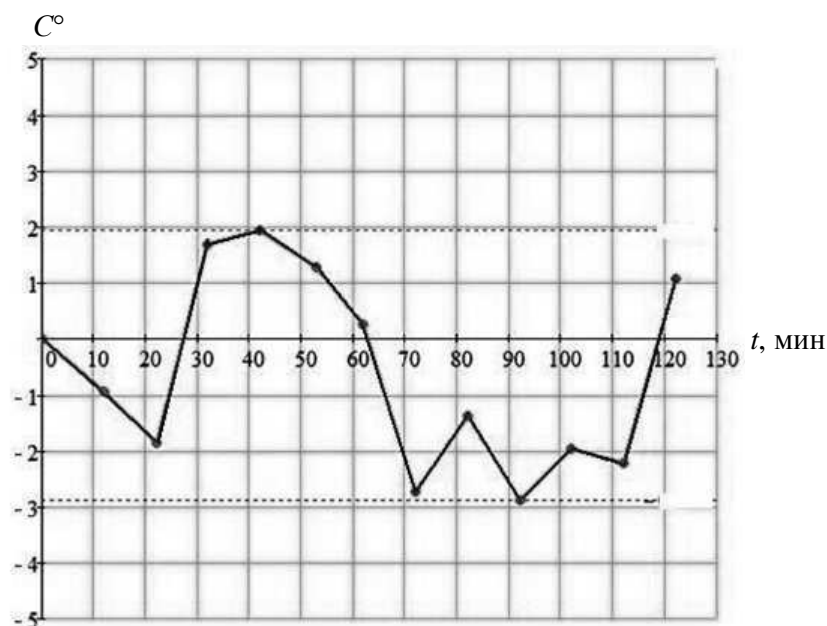


Рис. 3. Изменение абсолютной погрешности с течением времени

Анализ результатов, приведенных на рис. 1, показал, что кривые практически совпадают, сохраняя при этом общую тенденцию роста величины сопротивления с течением времени. Изменение величины сопротивления в пределах от 1,8 до 2,1 Ом происходит практически по линейному закону, что соответствует физическим процессам нагрева.

Исследование графика, представленного на рис. 2, дает возможность утверждать, что форма кривых соответствует начальной части графика экспоненциальной функции.

Анализ графика, представленного на рис. 3, показал, что кривая погрешности имеет знакопеременный характер при максимальных отклонениях порядка 2–3 град. Что дает возможность сделать вывод, о том, что величина абсолютной погрешности изменения температуры невелика, а максимальное значение отклонения температуры составляет 9,91 % от величины нагрева обмотки, равной в эксперименте 37 град.

#### Выводы:

- проведенные исследования позволили получить зависимость изменения температуры обмоток двигателя при постоянстве действующих значений напряжения;
- сравнение величин, полученных экспериментальным и аналитическим путем, показало, что максимальное отклонение расчетной величины усредненной температуры обмоток не превышает 10 %;
- описанный метод может быть использован для наблюдения за температурным состоянием обмоток двигателя без отключения двигателя от источника питания, т.е. в рабочем режиме;
- определение сопротивления необходимо при использовании частотного регулирования без датчиков.

#### Библиографический список

1. ГОСТ «Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний» от 1966 г. № 11828 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – М., 1966.
2. Мартко Е.О. Модели надежности и технического состояния изоляции электродвигателей, используемые для прогнозирования выхода их из строя // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4–2.
3. Справочник по электротехническим материалам / под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева. – Л.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Ключников А.Т. Тарировка уравнений асинхронных машин при моделировании в относительных единицах // Электротехника. – 2012. – № 3.
5. Рекомендации по межгосударственной стандартизации «Метрология. Основные термины и определения» от 1 января 2001 № 29-99 / Государственная система обеспечения единства измерений. – М., 2001.

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Студент гр. ЭМ-10-1с ПНИПУ Д.С. Крыласов  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ В.А. Трефилов

В любом регионе России есть районы, куда электрическая энергия не доберется еще очень долго. Строительство электрических сетей требует больших капитальных затрат, а солнечные батареи подходят не для всех районов. Альтернативой для получения электрической энергии может быть использование энергии ветра.

В 2010 г. количество энергии, произведенной всеми ветрогенераторами мира, составило 430 ТВт-ч (2,5 % всей произведенной человечеством электрической энергии).

Для Российской Федерации до недавнего времени эта область энергетики оставалась неприоритетной, но сейчас она начинает развиваться и приобретает все большие масштабы.

Турбины современных конструкций ветряных установок (рис. 1) разделены на две большие группы по типу ротора: горизонтально-осевые (а) и вертикально-осевые (б).



а

б

Рис. 1. Конструкции генераторов ветроэнергетической установки

Ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения более мощные, имеют высокий коэффициент полезного действия, но требуют множества устройств ориентации по ветру и являются достаточно шумными.

Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения исключают устройства ориентации по ветру, просты в техобслуживании, надежны. Такие конструкции могут работать со скоростью ветра, начиная с 2 м в секунду.

Основные типы генераторов, применяемые в настоящее время для ветроэнергетических установок, можно разделить на следующие типы: 1) синхронные генераторы (СГ) с возбуждением от постоянных магнитов; 2) СГ комбинированного возбуждения с возбуждением от постоянных магнитов и обмотки возбуждения; 3) асинхронизированные синхронные генераторы (АСГ).

Недостатком генераторов первого типа является непостоянство величины и частоты выходного напряжения. СГ комбинированного возбуждения обеспечивают постоянство величины выходного напряжения, но не обеспечивают постоянства его частоты. Поэтому ветроэнергетические установки с такими генераторами содержат в своем составе выпрямитель и аккумулятор (рис. 2).

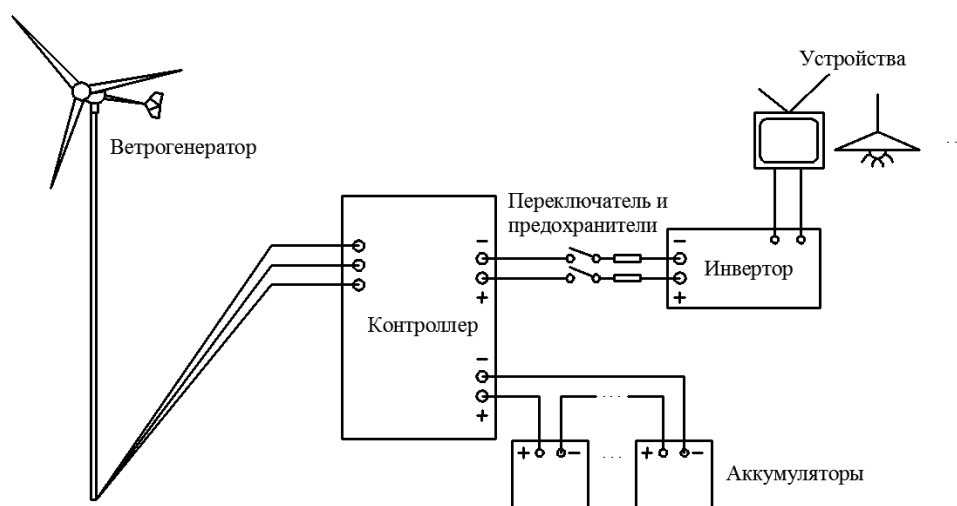


Рис. 2. Ветроэнергетическая установка с аккумулятором

С помощью выпрямителей энергия переменного тока с непостоянными по величине напряжением либо его частотой преобразуется в энергию постоянного тока и запасается в аккумуляторе. Затем эта энергия может быть использована для питания устройствами постоянного тока или при использовании инверторов устройствами переменного тока

В отличие от рассмотренных ветроэнергетические установки с АСГ обеспечивают постоянство величины и частоты выходного напряжения. Применение АСГ позволяет также синхронизировать частоту выходного

напряжения генератора с частотой сети при его работе параллельно с сетью, исключить потребление реактивной энергии из сети, исключить аккумуляторную батарею, получить качественную электроэнергию на выходе генератора с минимальным спектром высших гармоник.

В [1, 2] приведена информация об одном инновационном проекте ветроэнергетической установки с АСГ. Представляет интерес конструкция данного ветрогенератора. Она имеет ряд преимуществ, а именно: исключение системы ориентации по направлению ветра за счет вертикального расположения оси вращения; высокое качество электроэнергии в широком диапазоне изменения скоростей ветра; АСГ может работать как в автономном режиме, так и параллельно с внешней сетью; повышенные надежность и ресурс за счет бесконтактного токоподвода. В описании технической части инновационного проекта представлена схема АСГ ветроэнергетической установки в режиме параллельного соединения с внешней стационарной сетью (рис. 3).

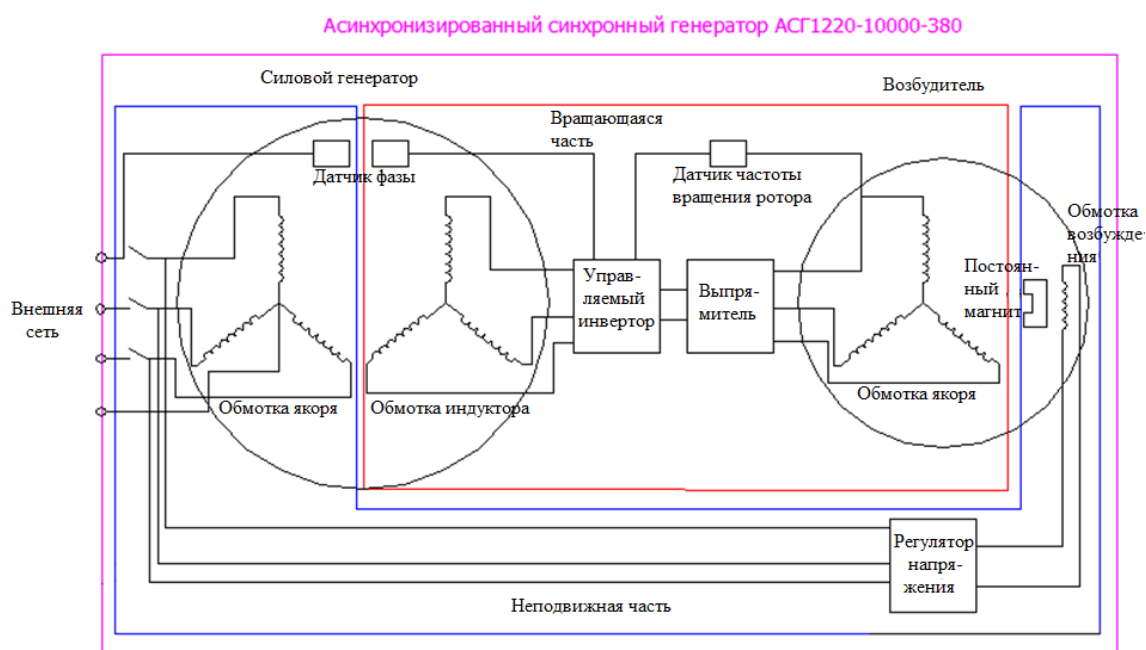


Рис. 3. Асинхронизированный синхронный генератор

В одном корпусе генератора совмещены две машины: основная машина и возбудитель (обращенный генератор), у которого неподвижная часть – индуктор, вращающаяся часть – обмотка. Поле возбуждения создается постоянными магнитами и обмоткой возбуждения. Ток обмотки возбуждения регулируется регулятором напряжения. Магнитное поле возбудителя изменяется таким образом, чтобы при разных скоростях вращения произведение магнитного поля

на частоту вращения оставалось неизменным. Этим достигается постоянство выходного напряжения возбудителя при любой частоте вращения. Выпрямленное с помощью выпрямителя напряжение подается на управляемый инвертор (ШИМ), а с него переменное напряжение частоты скольжения подается на обмотку возбуждения АСГ. Датчик частоты вращения служит для задания сигнала управления в ШИМ. Таким образом, выходное напряжение генератора по величине и частоте получается стандартным, соответствующим качеству электроэнергии (50 Гц, 380 В). Вращающаяся часть находится на валу, и это позволяет получить бесщеточную систему возбуждения, что увеличивает надежность этой электрической машины.

АСГ можно применять в электропитании удаленных коттеджных поселков, удаленных систем контроля экологии окружающей среды в системах водоочистки грунтовых и сточных вод, в сельском хозяйстве, применять на объектах Министерства обороны, Пограничной службы ФСБ России, Федеральной таможенной службы и других силовых структур Российской Федерации. В перспективе ветроэнергетические установки с АСГ могут быть использованы в качестве источника электроэнергии для водородных установок.

Главной особенностью этого АСГ является система автоматического управления. Она состоит из высоковольтного бесконтактного генератора комбинированного возбуждения с постоянными магнитами, питающего обмотку возбуждения основной машины и электронного блока управления. Это позволяет получить стандартизованную частоту выходного напряжения независимо от частоты вращения генератора.

Проведенный обзор технической литературы показал, что для ветроэнергетической установки наиболее рациональным выбором в качестве источника является асинхронизированный синхронный генератор.

### **Библиографический список**

1. Ганджа С.А. Применение асинхронизированных синхронных генераторов для ветроэнергетических установок // ЭЛМАШ-2009: Электроэнергетика и электротехника. Проблемы и перспективы: тр. симпозиума: в 2 т.; VII Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 22–25 сентября 2009 г. – М., 2009. – Т. 1. – С. 168–170.

2. Ганджа С.А. Применение асинхронизированных синхронных генераторов для автономных и сетевых ветроэнергетических установок // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 1. – С. 25–28.

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Аспирант кафедры МСА ПНИПУ Д.Ю. Лейзгольд  
Студент гр. АТПП-12-1м ПНИПУ К.П. Трушников  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ А.В. Ромодин

В работе [1] описан процесс проведения энергетического обследования Пермского национального исследовательского университета. На основании результатов энергетического обследования был разработан список энергосберегающих мероприятий, часть из которых была успешно реализована на базе системы энергопотребления учебного корпуса электротехнического факультета. Однако вследствие вероятностного изменения некоторых внешних факторов заявленная в результате эффективность реализованных энергосберегающих мероприятий может не достигаться, поэтому актуальной задачей становится энергомониторинг (ЭМ).

В задачи ЭМ входят не столько сбор и хранение информации об объекте энергопотребления, являющиеся, конечно, неотъемлемой частью, сколько подробный анализ энергетических показателей с целью выявления отклонений от проектных показателей энергетической эффективности и их улучшения. Ввиду того, что потребители электрической энергии имеют наименьшее значение потерь мощности при идеальном качестве электрической энергии (ЭЭ), было предложено в качестве индикаторов эффективности системы электропотребления использовать показатели качества электрической энергии (ПКЭ).

В литературе [2, 3] приведена графическая интерпретация зависимостей приращения затрат на эксплуатацию электрооборудования при отклонении ПКЭ от номинальных значений. Регрессионный анализ данных зависимостей позволил получить функции приращения потерь активной мощности.

**Медленные изменения напряжения.** Раздельно было рассмотрено влияние ПКЭ на потери в статической и динамической нагрузке. Согласно [4] допустимые значения медленного изменения напряжения составляют  $\delta U = \pm 10\%$ , поэтому аппроксимация зависимостей производилась на отрезке отклонения напряжения  $[-10\%; 10\%]$ .

Полученная при этом зависимость приращения потерь активной мощности от величины отклонения напряжения и коэффициента загрузки для динамической нагрузки выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \delta P_{\text{дин}}^{(\delta U)} &= A_1 (\delta U)^2 + A_2 \delta U = \\ &= (-0,03773k_3^2 + 0,0664k_3 - 0,0185)(\delta U)^2 + \\ &+ (0,212k_3^2 + 0,225k_3 - 0,288)\delta U, \text{ о.е.}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $A_1, A_2$  – интерполяционные коэффициенты, зависящие от коэффициента загрузки;  $\delta U$  – отклонение напряжения от номинального значения, о.е.;  $k_{3,\text{дин}}$  – коэффициент загрузки динамической нагрузки, о.е.

В организациях бюджетной сферы, как правило, отсутствует система технического учета ЭЭ, поэтому достоверные данные мониторинга загрузки только динамической нагрузки могут быть не доступны, поэтому было предложено в качестве коэффициента загрузки общую загрузку системы энергопотребления:

$$k_3 \approx k_3 = \frac{P_{\text{дин}} + P_{\text{стат}}}{P_{\text{ном.дин}} + P_{\text{ном.стат}}} = \frac{P_{\text{потр}}}{P_{\text{ном}}}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{потр}}$  – текущее потребление электрической мощности системой электропотребления, кВт;  $P_{\text{дин}}, P_{\text{ном.дин}}$  – потребляемая и номинальная мощность динамической нагрузки, кВт;  $P_{\text{стат}}, P_{\text{ном.стат}}$  – потребляемая и номинальная мощность статической нагрузки, кВт.

На основании опытных данных влияния отклонения напряжения на потребление мощности осветительных установок, описанных в [5], была получена интерполяционная формула зависимости:

$$\delta P_{\text{ст}}^{(\delta U)} = 2,87(\delta U)^3 - 0,263(\delta U)^2 + 0,9985\delta U, \text{ о.е.}, \quad (3)$$

где  $\delta U$  – относительное отклонение напряжения от номинального значения, о.е.

**Несимметрия напряжения.** Влияние несимметрии на потери для динамической нагрузки может быть определено по зависимости

$$\delta P_{\text{дин}}^{\varepsilon} = 2,41\varepsilon_u^2, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_u$  – коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности.



Несимметрии в статической нагрузке обуславливают потери электрической мощности, пропорциональные квадрату коэффициента несимметрии, поэтому относительное приращение потерь определяется как

$$\delta P_{\text{стат}}^{\varepsilon} = \varepsilon_u^2. \quad (5)$$

### Несинусоидальность напряжения

Влияние высших гармоник было также выражено в виде зависимости относительного приращения потерь:

$$\delta P_{\text{дин}}^v = \sum_{v=2}^{\infty} \frac{u_v^2}{v\sqrt{v}}, \quad (6)$$

где  $u_v$  – отношение напряжения  $v$ -й гармоники к номинальному;  $v$  – номер гармоники.

Дополнительные потери активной мощности статической нагрузки, обусловленные протеканием токов высших гармоник, определяются как

$$\delta P_{\text{стат}}^v = \sum_{v=2}^{\infty} u_v^2. \quad (7)$$

Модель влияния отклонения ПКЭ от нормируемых значений на потери электрической мощности в зависимости от состава нагрузки (кВт) описывается следующей совокупностью уравнений:

$$\begin{cases} \Delta P^{\delta U} = P_{\text{потр}} (a_{\text{дин}} \delta P_{\text{дин}}^{\delta U} + a_{\text{стат}} \delta P_{\text{стат}}^{\delta U}), \\ \Delta P^{\varepsilon} = P_{\text{потр}} (a_{\text{дин}} \delta P_{\text{дин}}^{\varepsilon} + a_{\text{стат}} \delta P_{\text{стат}}^{\varepsilon}), \\ \Delta P^v = P_{\text{потр}} (a_{\text{дин}} \delta P_{\text{дин}}^v + a_{\text{стат}} \delta P_{\text{стат}}^v), \end{cases} \quad (8)$$

где  $a_{\text{дин}}$ ,  $a_{\text{стат}}$  – относительный состав динамической и статической нагрузок соответственно, о.е., определяемые как:

$$a_{\text{дин}} = \frac{P_{\text{ном.дин}}}{P_{\text{ном.дин}} + P_{\text{ном.стат}}} \quad \text{и} \quad a_{\text{стат}} = \frac{P_{\text{ном.стат}}}{P_{\text{ном.дин}} + P_{\text{ном.стат}}}. \quad (9)$$

Согласно [6] разделение по составу нагрузок следующее: статическая нагрузка составляет 404,2 кВт, динамическая – 48,1 кВт. Тогда

согласно (9)  $a_{\text{дин}} = 0,106$  и  $a_{\text{стат}} = 0,894$ . С учетом этого модель приращения потерь активной мощности от несоответствия ПКЭ нормируемым значениям учебного корпуса ПНИПУ выглядит следующим образом:

$$\Delta P = P_{\text{потр}} \left( 0,106 \left( \delta P_{\text{дин}}^{\delta U} + \delta P_{\text{дин}}^{\varepsilon} + \delta P_{\text{дин}}^{\nu} \right) + 0,894 \left( \delta P_{\text{стат}}^{\delta U} + \delta P_{\text{стат}}^{\varepsilon} + \delta P_{\text{стат}}^{\nu} \right) \right).$$

**Заключение.** В результате работы получено описание индикаторов эффективности управления электропотреблением в составе модели зависимости приращения потерь в статической и динамической нагрузке от отклонения основных ПКЭ. Внедрение ее в систему энергомониторинга учебного корпуса ПНИПУ позволит не только выявлять ненормативное потребление электрической энергии в системе электроснабжения на основании измеряемых ПКЭ, но и решать обратную задачу – фиксировать наличие отклонения ПКЭ от нормируемых значений при отклонении величины потерь ЭЭ от расчетного значения.

На основании описанных зависимостей приращения потерь ЭЭ от отклонения ПКЭ от нормируемых значений можно построить систему поддержки принятия решений, оценивающую полноту и успешность внедрения мероприятий по энергосбережению, однако присутствует необходимость более углубленного анализа границ изменения индикаторов, при которых на систему энергопотребления требуется незамедлительное воздействие.

### Библиографический список

1. Повышение энергетической эффективности Пермского национального исследовательского политехнического университета / А.В. Ромодин, А.В. Кухарчук, Д.Ю. Лейзгольд [и др.] // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2012. – № 1. – С. 49–58.
2. Качество электрической энергии горных предприятий [Электронный ресурс] / Н.М. Кузнецов, Ю.В. Бебихов, А.В. Самсонов [и др.] / Российская академия естествознания. – 2012. – URL: <http://www.rae.ru/monographs/156>
3. Гаврилов Ф.А. Качество электрической энергии: конспект лекций: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007.

4. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

5. Влияние качества напряжения на экологические параметры системы освещения [Электронный ресурс] / Г.Я. Вагин, О.В. Маслеева, Г.В. Пачурини [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL: [www.science-education.ru/113-11601](http://www.science-education.ru/113-11601).

6. Отчет об энергетическом обследовании ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» / А.А. Ташкинов, А.В. Ромодин, В.А. Кузьминов [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. нац. политехн. исслед. ун-та, 2012. – 393 с.

# РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТА ISO 50001:2011

Студент гр. АТПП-12м ПНИПУ Е.А. Выголова  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры МСА ПНИПУ А.В. Кычкин

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности являются одним из приоритетных направлений развития экономики. Энергоэффективность в современной промышленности достигается большей частью не за счет внедрения новых энергосберегающих технологий, а за счет изменений в методах и способах управления. Поэтому разработка стандартов в области энергоменеджмента является одним из ключевых направлений, что свидетельствует о наличии международных стандартов ISO 50001, ISO 14000, ISO 9000.

Стандарт ISO 50001 основан на модели системы менеджмента, направленной на постоянное улучшение. Данный стандарт по энергоменеджменту носит общий характер. Он предписывает меры по систематизации и управлению системой энергоменеджмента (СЭнМ) предприятия.

**Общие принципы стандарта ISO 50001.** Основная идея решения управленческой проблемы повышения уровня энергоэффективности заключается в последовательном применении системного подхода к энергоменеджменту на основе методологии PDCA (plan-do-check-act) [1].

Методология PDCA представляет собой простой циклический алгоритм действий руководителя по управлению процессом и достижению его целей. Схема цикла PDCA представлена на рис. 1.

Методология PDCA подразумевает непрерывное улучшение процессов, которое строится на основе трех стадий: разработка и планирование процесса, сам процесс как действие, проверка и контроль. Эти три стадии можно представить как цикл четырех шагов:

- планирование: постановка целей, определение процессов, необходимых для распределения результатов в соответствии с возможностями по улучшению энергетических параметров и энергетической политики;

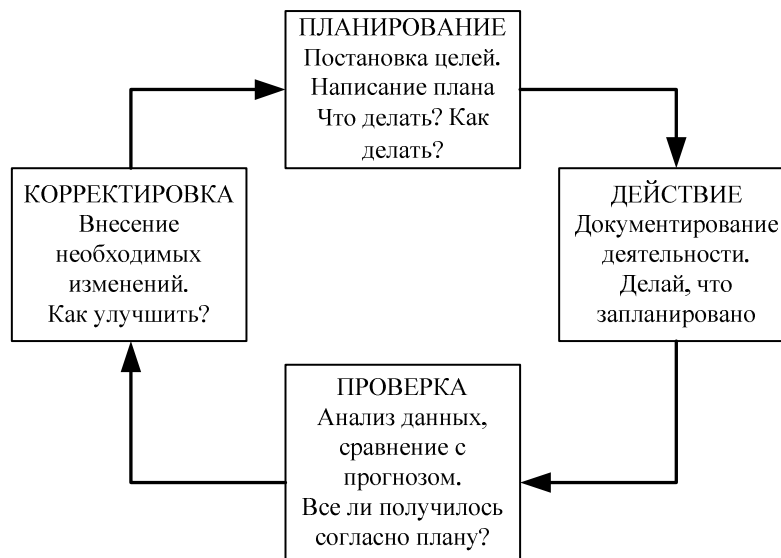


Рис. 1. Графическое представление цикла PDCA

- действие: внедрение процессов, осуществление запланированных мероприятий;
- проверка: контроль и измерение энергетических процессов и продуктов на соответствие энергетической политике, поставленным целям, ключевым характеристикам данных процессов;
- корректировка: разработка мероприятий по дальнейшему повышению энергонадежности.

**Концепция оценки соответствия СЭнМ предприятия требованиям стандарта.** Оценка производится на основе набора обобщенных PDCA и локальных критериев, в том числе: наличие энергополитики; инструкций по СЭнМ; ответственного за СЭнМ; контроля и проверки энергоэффективности; обмена информацией между подразделениями; выявление явных и потенциальных несоответствий и др.

Для расстановки весовых коэффициентов критериев оценки соответствия был выбран математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений – метод анализа иерархий (МАИ). МАИ позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения [2]. На рис. 2 показано графическое представление иерархии.

Иерархическая модель интеллектуальной системы, с рассчитанными весовыми коэффициентами реализуется в инструментальном пакете *MatLab*. С помощью программных инструментов пакета *Fuzzy*

*Logic Toolbox* инструментального пакета *MatLab* возможно работать с диалоговыми модулями, которые обеспечивают доступ к большинству функций через графический интерфейс. Эти модули обеспечивают удобную среду для проектирования, исследования и внедрения систем на основе нечеткого логического вывода. Основной редактор FIS позволяет создавать и редактировать FIS, а также обеспечивает визуализацию процедуры нечеткого логического вывода и поверхностей «входы-выход» [3].

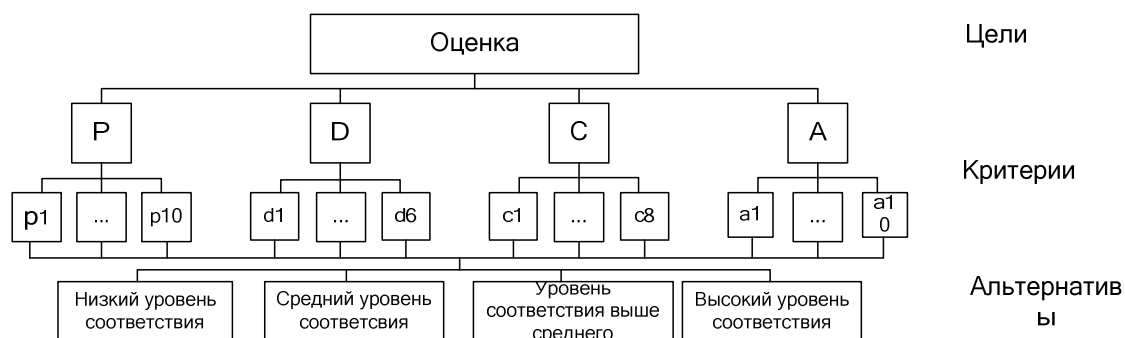


Рис. 2. Графическое представление иерархии

На рис. 3 показана визуализация интеллектуальной системы в пакете *MatLab*.

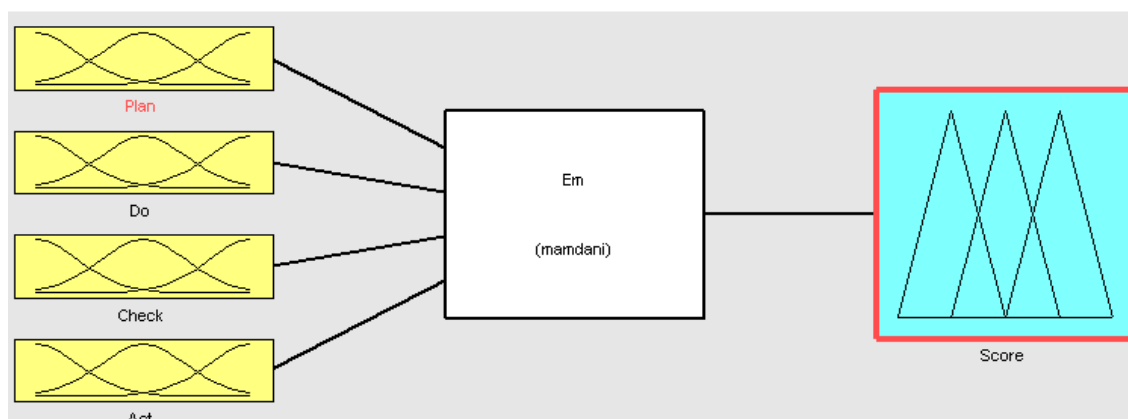


Рис. 3. Графический интерфейс проектирования нечетких систем

Для разработанной интеллектуальной системы характерны четыре входа, они же глобальные критерии, и один выход.

Принципиально разрабатываемая система разделена на операционную и решающую подсистемы.

На рис. 4 изображена структура интеллектуальной системы.

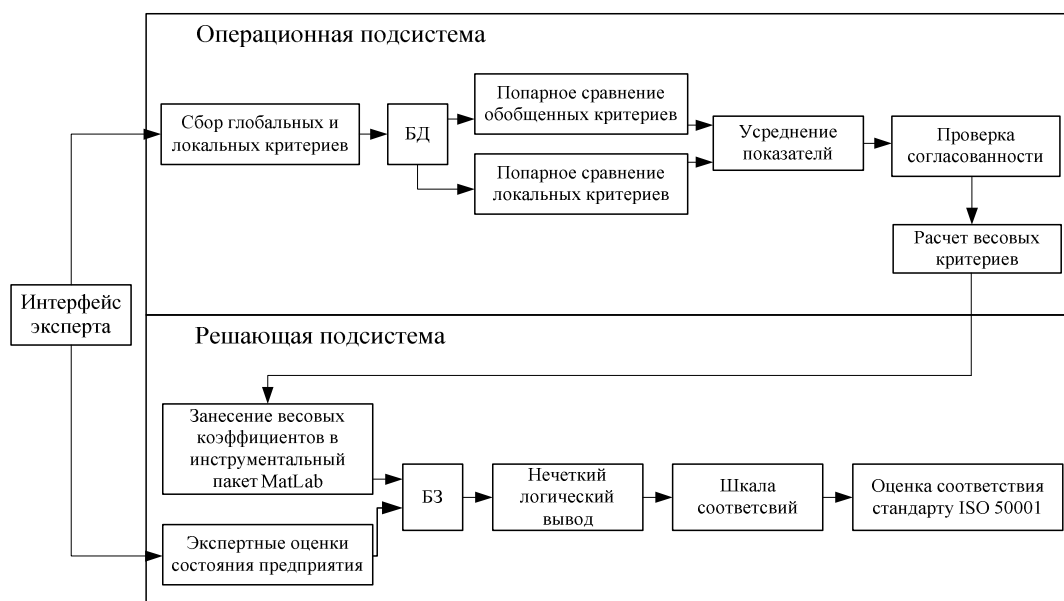


Рис. 4. Структура интеллектуальной системы

Операционная подсистема подразумевает предварительный анализ данных и расчет весовых критериев. На выходе решающей подсистемы получаем нечеткий логический вывод в среде *MatLab* и итоговую оценку соответствия СЭнМ стандарту ISO 50001.

**Заключение.** Разработка данной интеллектуальной системы позволяет провести оценку уровня СЭнМ предприятия на соответствие требованиям стандарта ISO 50001. Применение системы на практике позволяет повысить оперативность оценки существующего состояния внедрения требований стандарта СЭнМ в рамках проводимого диагностического аудита, а также выделить основные несоответствия. Привлечение к формированию базы знаний большего числа высококвалифицированных экспертов позволит повысить точность экспертизы и обеспечить учет множества особенностей стандарта на СЭнМ.

### Библиографический список

1. ISO Международная организация по стандартизации. Разработчик и издатель международных стандартов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iso.org/iso/home.html> (дата обращения: 08.04.2014).
2. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993.– 320 с.
3. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети.– Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.

## АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА УРАЛА

**Студенты гр. МЭ-12 ПНИПУ А.А. Глухов, М.С. Пинаев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор

кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ *В.В. Туунов*

Атомная энергетика – это одно из важнейших направлений в энергетике не только России, но и всего мира. Преимущество атомной энергетики состоит в том, что она требует существенно меньших количеств исходного сырья и земельных площадей, чем тепловые станции, не загрязняет атмосферу дымом и сажой. Опасность состоит в возможности возникновения катастрофических аварий реактора, а также в реально нерешенной проблеме утилизации радиоактивных отходов и утечке в окружающую среду небольшого количества радиоактивности.

### **Преимущества АЭС:**

- отсутствие вредных выбросов;
- выбросы радиоактивных веществ в несколько раз меньше угольной электростанции аналогичной мощности;
- небольшой объём используемого топлива, возможность после его переработки использовать многократно;
- высокая удельная мощность;
- низкая себестоимость энергии.

### **Недостатки АЭС:**

- облучённое топливо опасно, требует сложных и дорогих мер по переработке и хранению;
- нежелателен режим работы с переменной мощностью для реакторов, работающих на тепловых нейтронах;
- при низкой вероятности инцидентов последствия их крайне тяжелы;
- большие капитальные вложения как удельные на 1 МВт установленной мощности для блоков мощностью менее 700–800 МВт, так и общие, необходимые для постройки станции, её инфраструктуры, а также в случае возможной ликвидации.

**Атомная энергетика России.** В настоящее время в России насчитывается 10 активных АЭС, но их количество постепенно растёт и выработка электроэнергии, соответственно, также растёт.

На территории Урала действующей является Белоярская АЭС.



**Башкирская атомная электростанция** – недостроенная атомная электростанция, расположенная вблизи г. Агидели в Башкортостане у слияния рек Белой и Камы. В 1990 г. под давлением общественности после аварии на Чернобыльской АЭС строительство Башкирской АЭС было остановлено. Она повторила участь однотипных ей недостроенных Татарской и Крымской АЭС.

**Южно-Уральская АЭС** – проектируемая атомная электростанция в Челябинской области. Объект включен в генсхему размещения объектов электроэнергетики РФ до 2020 г.

Планируется построить станцию в 140 км северо-западнее Челябинска, рядом с г. Озёрск. Станция будет состоять из трех энергоблоков с реакторами типа БН-1200.

Также в г. Озерске, Челябинской области расположен химический комбинат «Маяк».

Производственное объединение «Маяк» – федеральное государственное унитарное предприятие по производству компонентов ядерного оружия, изотопов, хранению и регенерации отработавшего ядерного топлива. Расположено в г. Озёрске Челябинской области.

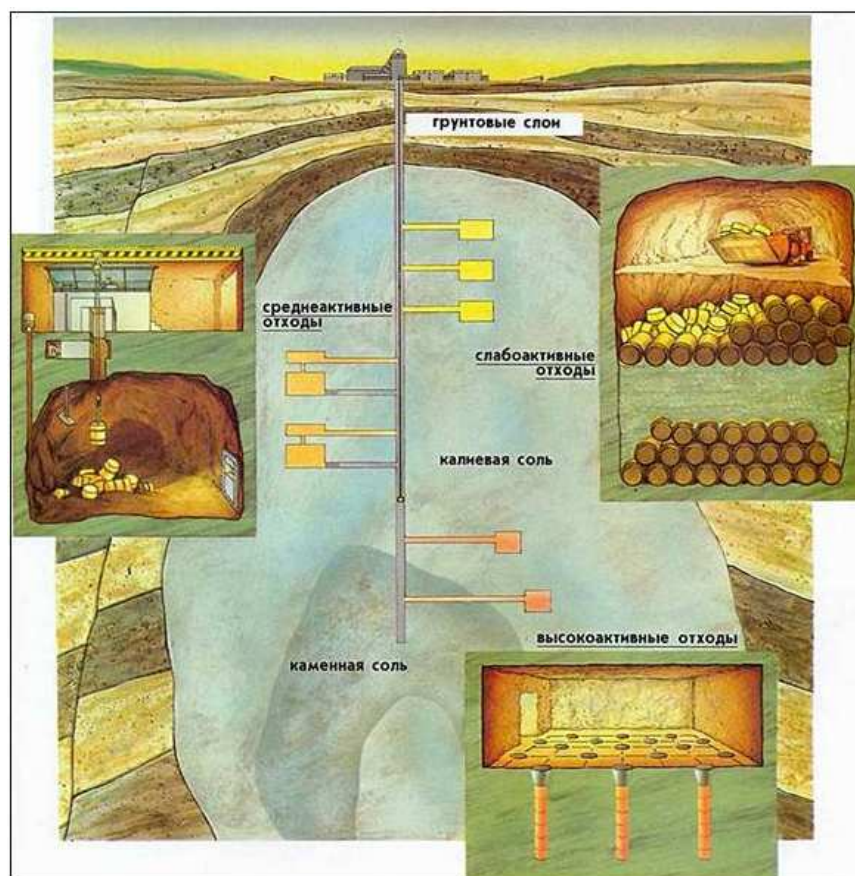


Рис. 1. Хранилище радиоактивных отходов

**Чрезвычайное происшествие на объекте «Маяк».** Авария на «Маяке» в 1957 г., именуемая также «Кыштымской трагедией», является третьей по масштабам катастрофой в истории ядерной энергетики после Чернобыльской аварии и аварии на АЭС «Фукусима I».

29 сентября 1957 г., воскресенье, 16 часов 22 минуты. На производственном объединении «Маяк» Челябинской области (г. Челябинск-40) взорвалась одна из ёмкостей, в которой хранились высокоактивные отходы. В зоне радиационного загрязнения оказалась территория нескольких предприятий комбината «Маяк», военный городок, пожарная часть, колония заключённых и далее территория площадью 23 000 км<sup>2</sup> с населением 270 000 человек в 217 населённых пунктах трёх областей: Челябинской, Свердловской и Тюменской. Сам Челябинск-40 не пострадал. 90 % радиационных загрязнений выпали на территории химкомбината «Маяк», а остальная часть рассеялась дальше в направлении на северо-восток.

Территория, которая подверглась радиоактивному загрязнению в результате взрыва на химкомбинате, получила название «Восточно-Уральский радиоактивный след» (рис. 2).

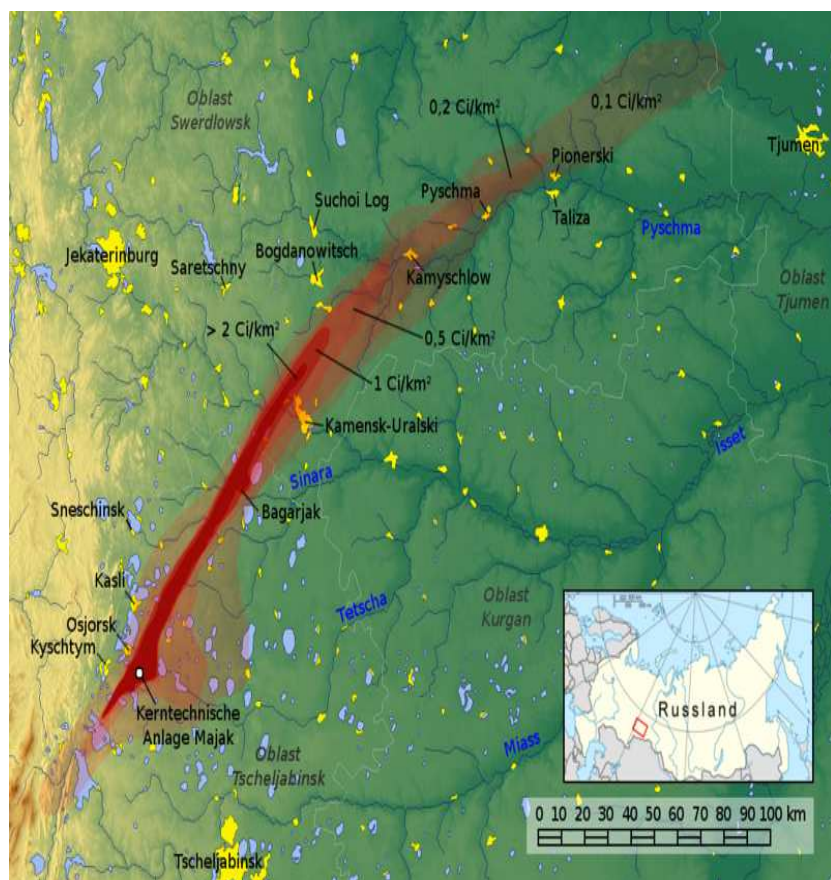


Рис. 2. Восточно-Уральский радиоактивный след

Его общая длина составляла примерно 300 км при ширине 5–10 км. На этой площади проживало около 270 тыс. человек. На территории загрязнились поля, пастбища, водоёмы, леса, которые оказались непригодными для дальнейшего использования.

Радиационная авария на Урале поставила перед наукой и практикой целый ряд совершенно новых задач. Необходимо было разработать мероприятия радиационной защиты населения. На Урале была создана Опытная станция, которая сыграла ведущую роль в изучении последствий аварии и выработке необходимых рекомендаций.

Росатом сообщает, что несмотря на присутствие ядерного объекта, радиационный фон в ближайшем населённом пункте, г. Озёрске, в 5 раз ниже, чем, например, в Челябинске, Екатеринбурге и Санкт-Петербурге.

### **Библиографический список**

1. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла России. – М.: Ракурс Продакшн, 2003. – 460 с.

2. Росатом. – URL: <http://www.russianatom.ru/> (дата обращения: 23.04.2014).

3. Морозная ночь в поселке Заречном // Спасатель МЧС России. – 31 октября 2009 г. – № 30.

4. Белоярская АЭС // URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Белоярская\\_АЭС](http://ru.wikipedia.org/wiki/Белоярская_АЭС) (дата обращения: 24.03.2014).

5. Толстикова В.Г. Ядерная катастрофа 1957 года на Урале. – URL: [http://www.lib.csu.ru/vch/1/1999\\_01/009.pdf](http://www.lib.csu.ru/vch/1/1999_01/009.pdf) (дата обращения: 24.03.2014).

6. Тепловое загрязнение // Большая энциклопедия нефти газа. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс (дата обращения: 23.08.2011).

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА В ЛОКАЛЬНОМ СЕГМЕНТЕ АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТИ НА ПОЛУНАТУРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Студент гр. ЭС-126 ПНИПУ А.В. Чудинов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент

кафедры МСА ПНИПУ А.В. Кычкин

Ведущая роль при модернизации электроэнергетики на основе активно-адаптивной сети (ААС) отводится исследованию их локальных сегментов. Современные технологии полунатурного моделирования, применяемые для анализа ААС, обеспечивают исследование характеристик оборудования в различных режимных ситуациях, высокую адекватность моделей генерации и потребителей, позволяют создать локальную схему электроснабжения, обладающую высокими показателями экономической эффективности [1–3].

Рассмотрим типовой пример локального сегмента ААС, полунатурная модель которого реализована в научно-исследовательской лаборатории кафедры МСА ПНИПУ. Сегмент трехфазной сети содержит альтернативный источник энергии – ветряной генератор  $G_1$  и два потребителя: комплект однофазных бытовых приборов  $C_1$  и трехфазный электропривод  $C_2$  (рис. 1).

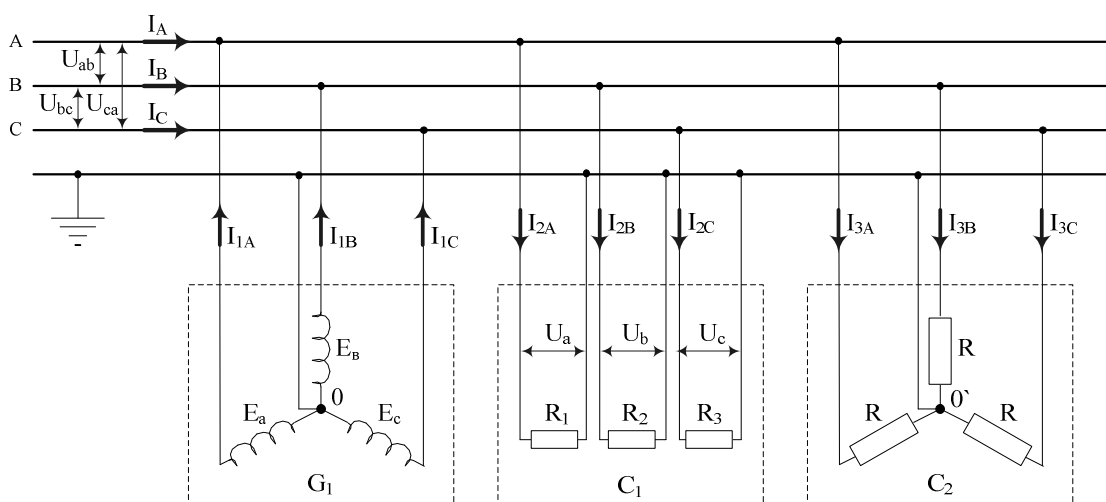


Рис. 1. Трехфазная электрическая схема локального сегмента ААС в составе ветрогенератора  $G_1$  и потребителей  $C_1$  и  $C_2$

В качестве распределительной системы электроснабжения используется трехфазная система с глухозаземленной нейтралью. Для ветряного генератора задаются параметры: скорость ветра, плотность воздуха, диаметр ротора. На фазу А группы потребителей  $C_1$  подключен телевизор, на фазу В – кондиционер, на фазу С – стиральная машина, которые потребляют электрическую энергию, вырабатываемую ветряным генератором. Эти потребители имеют активную и реактивную часть нагрузки. В качестве потребителя  $C_2$  используется электрический привод, для которого задаются активное и реактивное сопротивления, температура, скорость вращения, момент, вибрации (рис. 2).

Полунатурное моделирование локального сегмента, приведенного на рис. 1, обеспечивает имитацию сети линии электропередачи за счет аппаратного ввода/вывода тока и напряжения (трехфазный сигнал, адаптированный для низковольтных измерительных систем 0..10 В). Расчеты всех электрических параметров сети производятся на основе высокопроизводительного встраиваемого контроллера PXI с операционной системой реального времени *LabVIEW Real-Time*.

Математическая модель сети обеспечивает логическое сложение энергии, производимой генератором, с энергией, производимой сетью. Вся произведенная ветрогенератором энергия в имитируемом сегменте ААС поступает к потребителям  $C_1$  и  $C_2$ . В зависимости от нагрузки система имитации ААС распределяет количество требуемой энергии между потребителями. Если ветряной генератор не имеет достаточной мощности для того, чтобы обеспечить потребителей энергией, то система имитации дополняет требуемую энергию производимой энергией от внешней сети.

Для того чтобы рассчитать эффективность обеспечения потребителей  $C_1$  и  $C_2$  электрической энергией, вырабатываемой ветрогенератором, необходимо составить баланс мощностей генератора и потребителей.

Рассчитаем полную мощность, вырабатываемую ветряным генератором  $G_1$ , в соответствии с выражением

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V^3 ,$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $R$  – радиус лопастей, м;  $V$  – скорость ветра, м/с.

Потребляемая из сети энергия рассчитывается по формуле  $S^2 = \sqrt{P^2 + Q^2}$ , где  $P$  – активная мощность,  $Q$  – реактивная мощность.

Активную мощность потребителей рассчитаем как сумму активных мощностей по соответствующим фазам:

$$P = P_A + P_B + P_C = (U_A I_A \cos \varphi_A) + (U_B I_B \cos \varphi_B) + (U_C I_C \cos \varphi_C).$$

Аналогично рассчитываем реактивную мощность:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = (U_A I_A \sin \varphi_A) + (U_B I_B \sin \varphi_B) + (U_C I_C \sin \varphi_C).$$

Рассчитаем потребляемую бытовыми потребителями  $C_1$  и  $C_2$  электрическую энергию в единицу времени ( $P_{C1}$  и  $P_{C2}$  соответственно):

$P_{C1} = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}$ , где  $P_1$  – активная мощность,  $Q_1$  – реактивная мощность;

$P_1 = P_A + P_B + P_C$ , где  $P_A = U_A I_{2A} \cos \varphi_A$ ,  $P_B = U_B I_{2B} \cos \varphi_B$ ,

$P_C = U_C I_{2C} \cos \varphi_C$ , где  $\cos \varphi_A$ ,  $\cos \varphi_B$ ,  $\cos \varphi_C$  – коэффициенты мощности потребителя на соответствующих фазах;  $Q_1 = Q_A + Q_B + Q_C$ , где  $Q_A = U_A I_{2A} \sin \varphi_A$ ,  $Q_B = U_B I_{2B} \sin \varphi_B$ ,  $Q_C = U_C I_{2C} \sin \varphi_C$ .

Для электропривода  $C_2$  потребляемая энергия рассчитывается по формуле  $P_{C2} = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}$ , где  $P_2$  – сумма активных мощностей по фазам,  $Q_2$  – сумма реактивных мощностей по фазам. Очевидно, что  $S_1 + S_2 + P_{C1} + P_{C2}$ . Тогда показатели эффективности ветрогенератора могут быть оценены в соответствии со следующими выражениями:

$E_1 = S_1 - S_2 = S_1 - (P_{C1} + P_{C2})$  – абсолютный показатель, характеризующий фактическую разницу между генерируемой в ААС и потребленной из внешней сети мощностями;

$E_2 = \frac{S_1}{P_{C1} + P_{C2}}$  – относительный показатель, характеризующий

соотношение генерируемой и потребленной в ААС мощностей.

На полунатурной модели локального сегмента ААС была проведена имитация работы, в приведенной на рис. 1 схеме. В результате полунатурного моделирования были получены числовые значения энергетических параметров потребителей сети:

–  $C_1$ :  $I_{2A} = 4,31$  А;  $I_{2B} = 6,33$  А;  $I_{2C} = 4,93$  А;  $U_A = U_B = U_C = 380$  В;  $\cos \varphi_A = 0,95$ ;  $\cos \varphi_B = 0,97$ ;  $\cos \varphi_C = 0,97$ ;  $P_1 = 5,706$  кВт;  $Q_1 = 1,552$  кВт;  $P_{C1} = 5,914$  кВт;

–  $C_2$ :  $I_{3A} = 3$  А;  $I_{3B} = 3$  А;  $I_{3C} = 3$  А;  $\cos \varphi_A = 0,83$ ;  $\cos \varphi_B = 0,83$ ;  $\cos \varphi_C = 0,83$ ;  $P_2 = 2,839$  кВт;  $Q_2 = 1,908$  кВт;  $P_{C2} = 3,420$  кВт.



Оставляя параметры потребителей неизменными, проводилось изменение скорости и плотности ветра в допустимых диапазонах с оценкой параметров  $E_1$  и  $E_2$  (см. рис. 2).

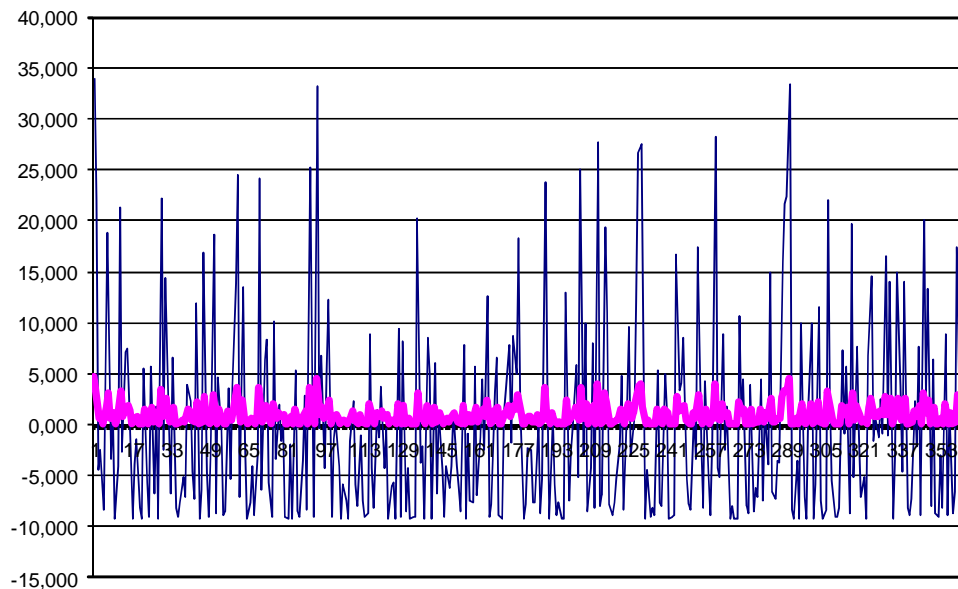


Рис. 2. Поведение параметров  $E_1$  (тонкая линия) и  $E_2$  (толстая линия) при случайных скорости ветра и плотности воздуха за год

В результате оценки показателей эффективности  $E_1$  и  $E_2$  становится очевидным, что ключевым фактором использования ветрогенератора является показатель скорости ветра. Для задания в модели средней скорости используют данные розы ветров для Пермского края. Среднегодовое значение скорости ветра 2,4 м/с,  $\rho_{\text{возд}} = 1,1 \text{ кг/ м}^3$ . Из рис. 2 видно, что ветрогенератор малоэффективен для обеспечения постоянного электроснабжения высокоемких потребителей. Однако стоит отметить, что в интервалы времени, характеризующиеся высокими скоростями ветра, эффективность генератора в составе ААС возрастает.

### Библиографический список

1. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. – 2009. – № 4. – С. 15.
2. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью – 2012. – URL: [http://www.grid2030.ru/userfiles/file/ies\\_aas.pdf](http://www.grid2030.ru/userfiles/file/ies_aas.pdf) (дата обращения: 14.03.2014).
3. Ветрогенераторы. Как выбрать ветряной генератор. – URL: <http://www.diy.ru/avto/about/generator/> (дата обращения: 15.03.2014).

## ИНДУКЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ С РАЗОМКНУТЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ

Студентка гр. ЭМ-10 ПНИПУ С.К. Чикаренко

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор  
кафедры ЭТиЭМ ПНИПУ В.В. Туунов

В течение сорока пяти лет кафедра электротехники и электромеханики ПНИПУ занимается исследованием и разработкой нетрадиционных электрических машин и приводов, в частности, индукционных двигателей с разомкнутым магнитопроводом. Созданы линейные плоские, трубчатые, торцевые, седловидные, сегментные, дисковые и дугостаторные двигатели для устройств высоких технологий и транспортных систем в различных отраслях промышленности. Некоторые из разработанных двигателей были успешно испытаны заказчиками и введены в производство с уникальными применениями.

Хорошо известно, что проектирование индукционных двигателей для подобных систем и устройств является очень сложной задачей, что обусловлено действием краевых эффектов, возникающих в двигателях, а также большим разнообразием их конструктивных исполнений.

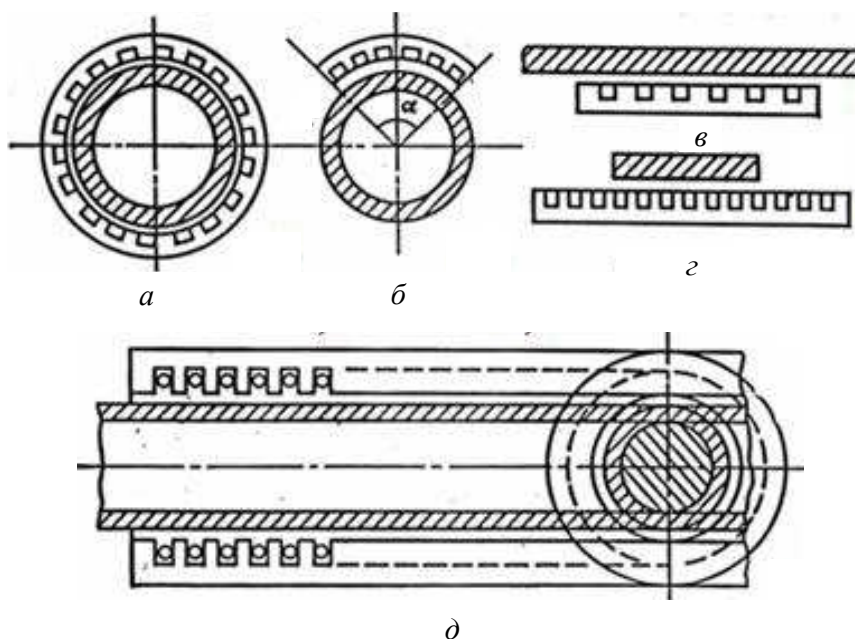


Рис. 1. Основные виды индукционных двигателей: двигатель с замкнутым магнитопроводом (а); дугостаторный двигатель (б); одноиндукторные линейные асинхронные двигатели (ЛАД) с длинным (в) и коротким (г) вторичным элементом; цилиндрический электродвигатель (д)



На рис. 1 изображены основные виды индукционных двигателей: двигатель с замкнутым магнитопроводом (см. рис. 1, *а*); дугостаторный двигатель (см. рис. 1, *б*); одноиндукторные линейные асинхронные двигатели (ЛАД) с длинным (см. рис. 1, *в*) и коротким (см. рис. 1, *г*) вторичным элементом; цилиндрический электродвигатель (см. рис. 1, *д*).

Классификация основных типов вторичных элементов ЛАД отражена на рис. 2, где *а* и *б* – двухиндукторные и одноиндукторные двигатели с обмоткой на вторичном элементе; *в* – короткозамкнутая обмотка («беличья клетка»); *г* – изотропный немагнитный или ферромагнитный вторичный элемент; *д* – анизотропный композитный вторичный элемент; *е* – обмотанный вторичный элемент с обмоткой Грамма (кольцевая обмотка); *ж* – короткозамкнутая обмотка вторичного элемента в двухиндукторном двигателе; *з* – вторичный элемент цилиндрического двигателя.

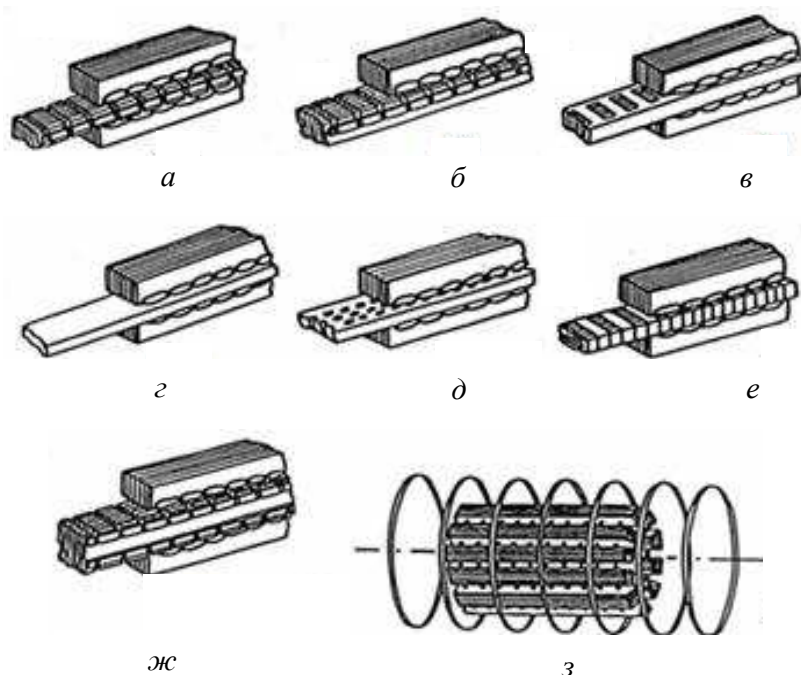


Рис. 2. Классификация основных типов вторичных элементов ЛАД

ЛАД с короткозамкнутой обмоткой («беличья клетка») может иметь клетку особой конструкции, позволяющей изменять и подбирать нужные характеристики двигателя [3]. Конструкция внедрена в уникальных транспортных системах.

Линейные асинхронные двигатели отличаются от двигателей вращательного действия разомкнутостью индуктора и вторичного

элемента, что ведет к усложнению распределения электромагнитного поля по длине индуктора и вторичного элемента. Возникают отраженные волны, которые влияют на характеристики линейного двигателя. Совокупность явлений, обусловленных разомкнутостью индуктора и вторичного элемента, получила название концевое (продольного краевого) эффекта. Наличие концевой эффекта выделяет теорию ЛАД из общей теории асинхронных машин. Наиболее полно разработан метод учета концевой эффекта, базирующийся на одномерной теории электромагнитного поля. Он учитывает изменение поля только по длине машины, а по ширине и толщине зазора поле считается неизменным.

Основные процессы энергопреобразования ЛАД обусловлены бегущей волной электромагнитного поля, поэтому точность ее расчета решающим образом влияет на точность расчета рабочих характеристик двигателя.

Бегущую волну можно рассчитать достаточно просто и с высокой точностью, разделив индуктор и вторичный элемент ЛАД на несколько тонких слоев. В пределах каждого слоя свойства среды считаются постоянными. Изменение свойств среды из-за насыщения магнитопровода учитывается итерационным путем. Явления, обусловленные неравномерностью распределения поля по толщине индуктора и вторичного элемента, называются толщиной (поверхностным) эффектом.

При ограниченной ширине индуктора или вторичного элемента существенное влияние на характеристики ЛАД оказывает поперечный (бортовой) эффект, который учитывает неравномерность распределения магнитного поля и индуцированных токов по ширине машины. Исследованию этого эффекта посвящено много отечественных и зарубежных исследований, в которых предлагаются различные методы учета поперечного эффекта. Эти методы, как правило, мало приемлемы для инженерных расчетов из-за их сложности, невысокой точности и недостаточной универсальности.

Для упрощения расчетов создан квазитрехмерный метод электромагнитного расчета ЛАД. Суть метода состоит в поэтапном учете краевых эффектов. На первом этапе решается толщина задача. По результатам этого решения рассчитываются характеристики двигате-

ля с учетом толщинного эффекта и параметры расчетной модели для поперечного эффекта. После расчета поперечного эффекта определяются характеристики двигателя с учетом обоих эффектов, а также вычисляются параметры расчетной модели для концевго эффекта. После этого приступают к расчету концевго эффекта и определяют окончательные характеристики ЛАД с учетом трех эффектов. При этом есть возможность учесть и специфические особенности ЛАД – электромагнитную асимметрию фаз и др. [2].

Конструкция и размеры ЛАД тесно связаны с рабочей машиной, для движения которой они предназначены. В настоящее время эти двигатели находят применение в таких областях, как:

- скоростной рельсовый и безрельсовый электротранспорт, различные испытательные стенды, ленточные, тележечные и другие транспортеры;
- транспортные и технологические системы в замкнутых объемах при работе с химически агрессивными и радиоактивными материалами;
- привод подъемно-транспортных устройств, коммутационной аппаратуры, раздвижных дверей, дозаторов, пробоотборников и встряхивателей жидких и сыпучих материалов;
- привод центрифуг, накопителей энергии, штампов и др.

Несколько примеров практической реализации индукционных машин с разомкнутой магнитной цепью, разработанных на кафедре электротехники и электромеханики, показаны на рис. 3, 4.

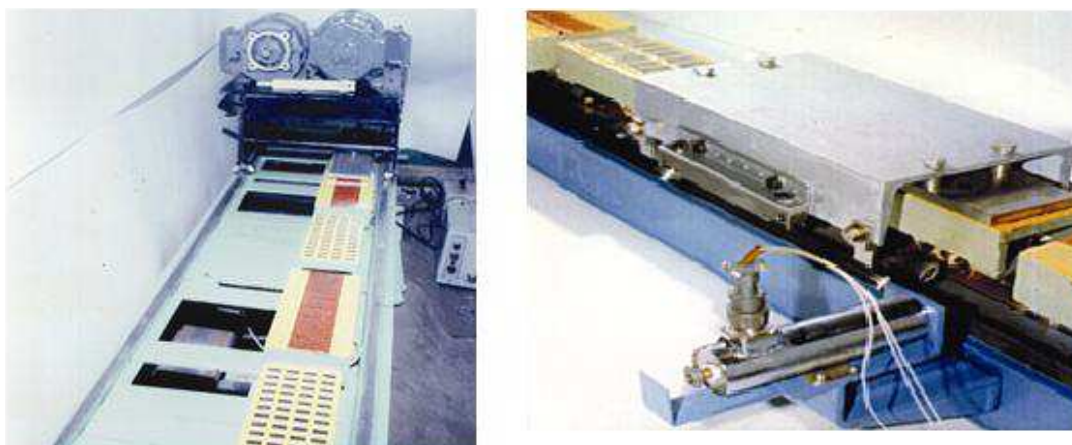


Рис. 3. Комбинированные ЛАД для транспортных систем, работающих в герметичных защитных камерах робототехнических комплексов

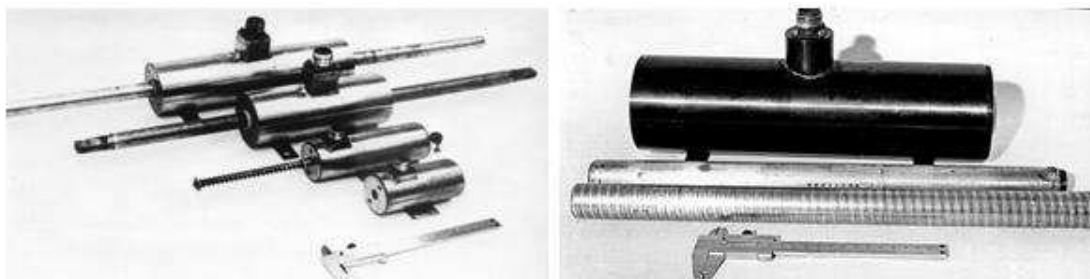


Рис. 4. Многофункциональные цилиндрические ЛАД (включая двигатели, произведенные с использованием безотходной порошковой металлургии)

### **Библиографический список**

1. Огарков Е.М. Квазитрехмерная теория линейных асинхронных двигателей. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. 2003. – 240 с.
2. Tiunov V.V. Induction Electric Machines with Open Magnetic Circuit // The Innovative Scientific Author's Course of Lectures / PSTU. – Perm, 2000 [Electronic Form]. – 620 p. (In English).
3. Вторичный элемент линейного асинхронного двигателя: а. с. СССР №573841 / В.В. Тиунов, С.П. Васильевский, Е.М. Огарков, В.С. Замаев, А.Д. Коротаяев. Заявл. 04.01.1976. Опубл. 25.09.1977. Бюл. № 35.

**Секция IV**  
**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

# РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА СБОРА, ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ M2M

Студент Пермского политехнического колледжа  
им. Н.Г. Славянова **О.А. Корелин**

Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры ИТАС ПНИПУ *Ю.А. Слаутин*

Для разработки устройства для автоматизированного мониторинга экологических параметров на основе однокристальной M2M технологии рассмотрим разработанную схему. Процессор, контроллер карты памяти, таймеры-счетчики, UART, SPI, интерфейс звукового кодека, интерфейсы LCD и камеры, HDMI и ЦАП для композитного видеовыхода, встроенный аудиокодек для подключения акустической системы и др. USB-хост и контроллер физического уровня LAN реализованы на дополнительном контроллере, модуль спутниковой связи, радио модуль, каналы передачи данных zeebee, gsm, 3g, gps. Общая структурная схема интеллектуального датчика показана на рис. 1 [1–3].

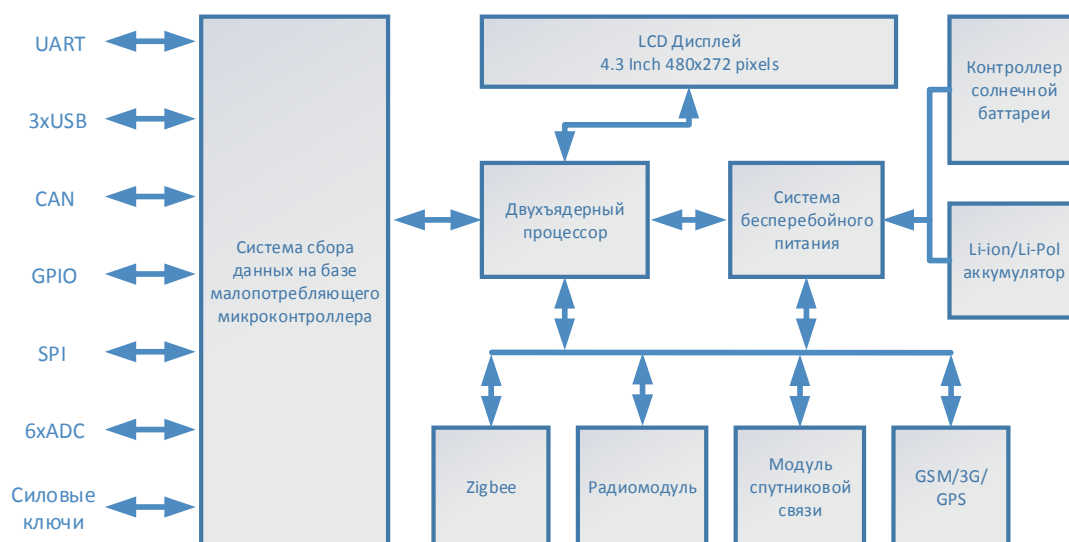


Рис. 1. Общая структурная схема интеллектуального датчика

Как видно, кроме управляющей системы на кристалле присутствует система питания, состоящая из солнечной батареи, аккумулятора ре-

зервного питания и схемы резервирования, автоматически подключающая аккумулятор в случае пропадания основного напряжения питания.

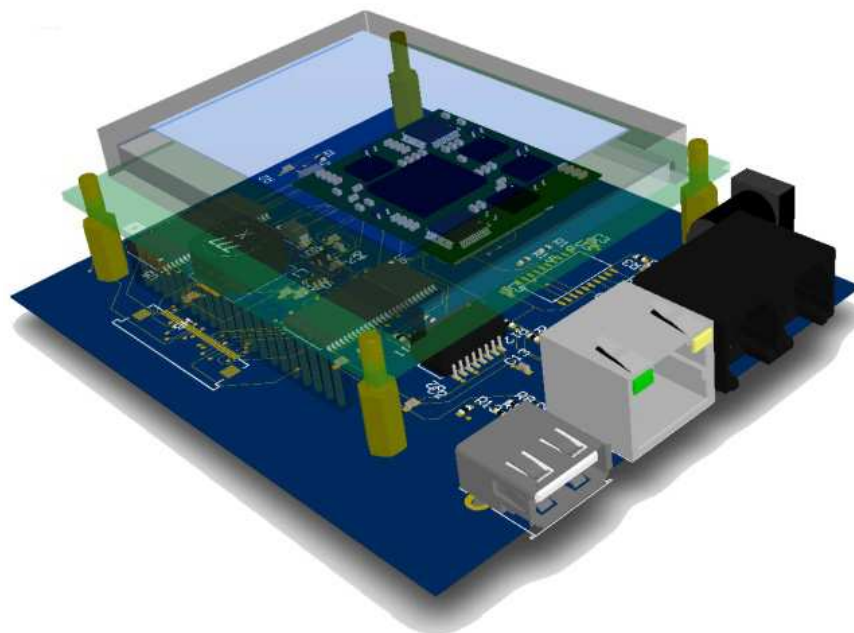


Рис. 2. Универсальная коммуникационная плата сопряжения

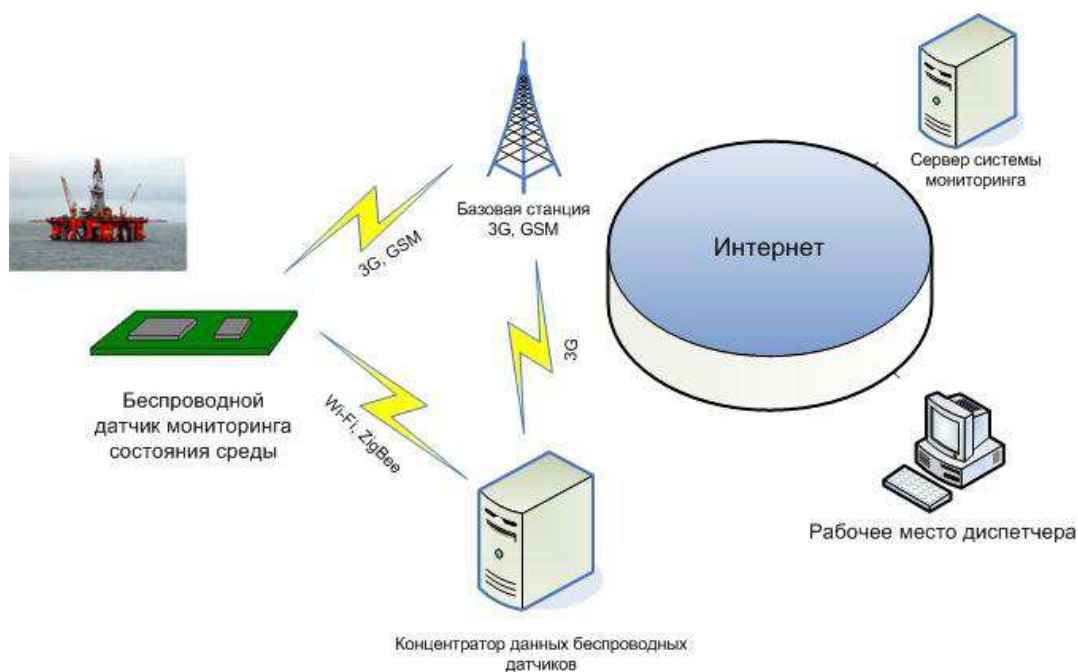


Рис. 3. Концепция сети мониторинга состояния окружающей среды с использованием разработанных на кафедре коммуникационных терминалов

Высокоуровневая система, используемая датчиком, недостаточно качественно обрабатывает сигналы в реальном времени, поэтому для работы с различными измерительными датчиками разработан

отдельный блок сбора данных на маломощном микроконтроллере. Данный блок реализует следующие интерфейсы для подключения датчиков: АЦП, CAN, UART, SPI, дискретные входы.

На основе представленных данных была разработана универсальная коммуникационная плата сопряжения, которая подключается к существующему оборудованию для реализации возможности передачи данных. Внешний вид показан на рис. 2.

На основе данного коммуникационного оборудования предполагается создание распределенной сети мониторинга состояния окружающей среды, схема которой приведена на рис. 3.

Достоинством данной разработки является создание на ее основе обобществленной единой автоматизированной системы сбора, анализа и обработки отдельных комплексов, объединенных в общую систему мониторинга уже обработанных данных, снимаемых с программируемых многофункциональных автономных терминалов-датчиков, основанных на развертывании различных M2M-систем, начиная от картографического сервиса, заканчивая таким мощным инструментом, как *Google Tables*, имеющим возможность визуализации всевозможных табличных данных, предоставляемых удаленными контроллерами.

### Библиографический список

1. Redfern, Simon Volcanic 'scream' precedes explosive eruptions / British Broadcasting Corporation. – London, United Kingdom, 2013.
2. Highly-refractory lithospheric mantle beneath the Tanzanian Craton: evidence from Lashaine pre-metasomatic garnet-bearing peridotites / S.A. Gibson, S.C. McMahon, J.A. Day, J.B. Dawson // *Journal of Petrology*. – 2013.
3. Thomson A., MacLennan J. The Distribution of Olivine Compositions in Icelandic Basalts and Picrites // *Journal of Petrology*. – 2013. – 54(4). – P. 745–768.



## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОТОКОЛА ВЕРОЯТНОСТНОГО ДОСТУПА С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ НАГРУЗКИ НА СЕТЕВОЙ КАНАЛ**

**Студенты гр. ТК-12-16 ПНИПУ Е.А. Губарев, Ю.В. Лихачева**  
Научный руководитель – ассистент  
кафедры АТ ПНИПУ *С.А. Даденков*

Решение задачи организации доступа узлов к каналу в сетях с разделяемой средой передачи выполняется с помощью вероятностных и детерминированных методов доступа. Вероятностные методы доступа позволяют более эффективно использовать сетевой канал при передаче спорадического трафика, а детерминированные методы – при передаче регулярного трафика. Использование детерминированных методов является целесообразным для обеспечения вероятно-временных характеристик систем жёсткого реального времени (РВ). Системы с мягким РВ организованы преимущественно на базе вероятностных методов. Поэтому применение методов осуществляется в различных областях вычислительных и информационно-управляющих систем.

Первичный выбор той или иной технологии преимущественно выполняется по используемому в нём методу доступа. При этом временные характеристики систем с детерминированными методами предсказуемы и подлежат расчёту с помощью известных методик. Расчёт вероятностных методов осложнён отсутствием методик, что обусловлено большим числом протокольных факторов, потенциально влияющих на работу алгоритма. Поэтому актуальными являются исследование современных вероятностных методов доступа, выполнение сравнительного анализа с детерминированными методами по критериям производительности. Данное исследование планируется реализовать в рамках лабораторного практикума, который направлен на формирование у студентов знаний, умений, навыков в области современных вычислительных и информационно-управляющих систем, построенных на базе различных методов доступа. Целью настоящей работы является проработка вопросов создания адекватной модели одного из современных вероятностных методов множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий на базе протокола p-Persistent CSMA, с прогнозированием нагрузки

на канал узлами сети. Исследуемый метод доступа нашёл широкое применение, в частности, в таких распространённых системах, как *Wi-Fi*, *CobraNet*, *LonWorks*.

Для разработки модели выполнен анализ алгоритмов протокола доступа *predictive p-persistent CSMA*. Доступ узлов к сетевому каналу производится в синхронных пакетных циклах. Циклы подразделяются на свободные, когда канал свободен, и занятые, когда выполняется передача. Каждый занятый пакетный цикл представляет собой время доступа к каналу и время передачи пакета.

Алгоритм доступа к среде включает следующие основные этапы (рис. 1)\*:

- 1) проверка активности в сетевом канале;
- 2) фиксированный межпакетный интервал;
- 3) фиксированный для узла приоритетный интервал;
- 4) случайный интервал доступа для каждого узла.

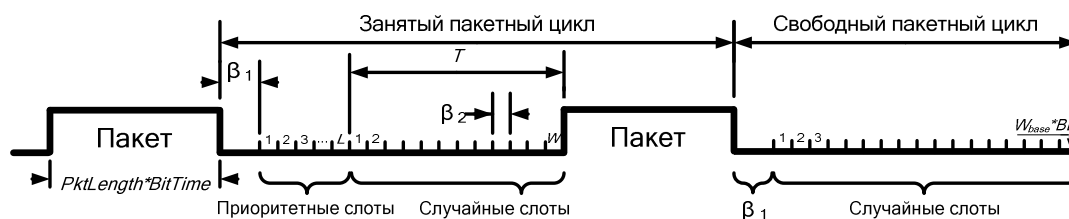


Рис. 1. Алгоритм доступа и передачи

Узел с минимальным суммарным временем доступа считается выигравшим в соперничестве за канал и осуществляет передачу пакета. При одновременной передаче несколькими узлами происходит коллизия и требуется повторная передача.

Для решения поставленной задачи в работе выбран современный инструмент имитационного моделирования *AnyLogic*. Выбор обусловлен простотой, наглядностью и мощностью функционала, позволяющей разработать адекватные модели из разных областей техники и технологий. Интерфейс *AnyLogic* объединяет графическое (динамическое блочное) моделирование в совокупности с написанием гибкой программы моделирования на языке объектно-ориентированного программирования *Java*, тем самым преимущественно отличая инструмент от ближайших конкурентов *Arena*, *GPSS* и других.

\* Дитрих Д., Лой Д., Швайнцер Г.Ю. LON-технология, построение распределенных приложений: пер. с нем / под ред. О.Б. Низамутдинова. – Пермь: Звезда, 1999. – 242 с.

Построение модели выполняется при помощи агентного моделирования. Данный подход позволяет разработать программную реализацию алгоритма доступа для одного узла-агента и проводить моделирование для заданного числа однотипных узлов, взаимодействующих через сетевой канал.

Разработанная модель сетевого узла представлена на рис. 2 и представляет модель реального алгоритма (см. рис. 1), содержащего все его принципиальные этапы. Каждый узел формирует сообщения с индивидуально заданной интенсивностью. Обслуживание сообщений производится с помощью алгоритма доступа и передачи пакетов по каналу. Успешное обслуживание каналом уменьшает счётчик числа сообщений узла. После неудачной передачи по причине коллизии производится повторная передача сообщения.

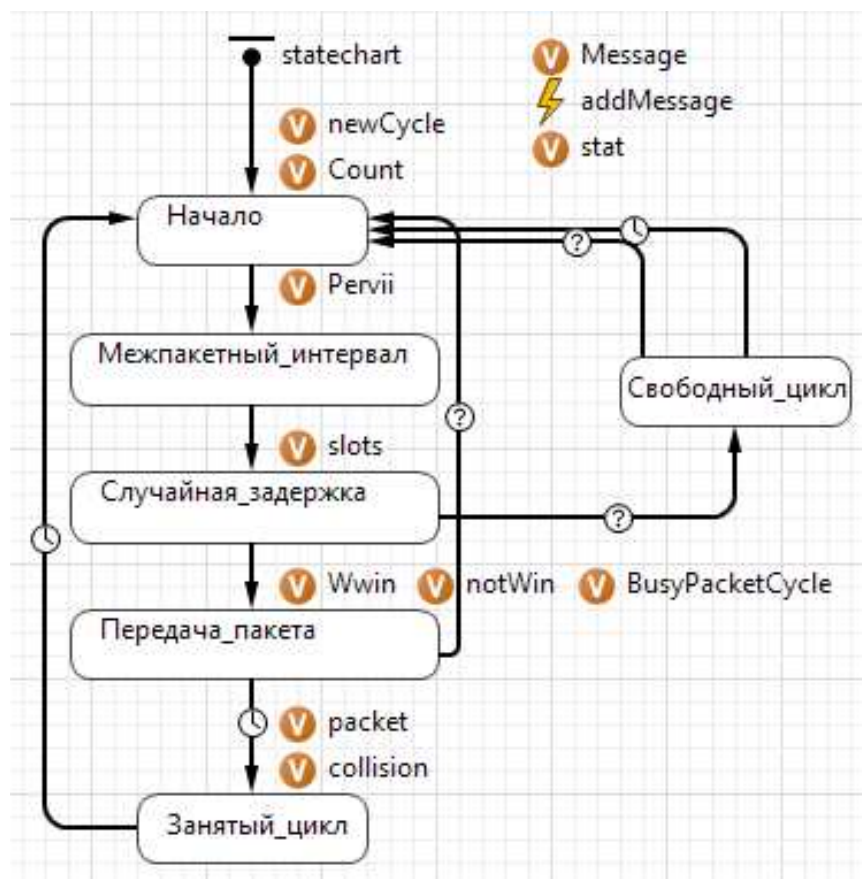


Рис. 2. Диаграмма состояний модели узла

Модель узла построена на базе следующих основных состояний: «Начало» – синхронизация соперничества узлов за канал в начале каждого нового пакетного цикла; «Межпакетный интервал» – моделирование временной задержки, фиксированной для всех узлов;

«Случайная задержка» – моделирование индивидуальной задержки узла для избегания одновременной передачи узлами сети; «Передача пакета» – моделирование времени передачи пакета узлом, выигравшим(и) в соперничестве за доступ к каналу; «Свободный цикл» – время ожидания завершения пакетного цикла при условии, что узел не имеет сообщений для передачи; «Занятый цикл» – блок завершения обработки успешной/неудачной передачи, сбора статистики по вероятности передачи, распределения времени передачи в системе, загруженности канала.

В настоящий момент разрабатывается графический интерфейс модели, выполняется построение графиков со статистикой по основным показателям производительности: по распределению времени доступа узлов к каналу сети, вероятности успешной/неудачной передачи, загрузки канала.

Для разработки лабораторного практикума ведутся работы по созданию методического обеспечения, связанного с последовательностью и принципами построения модели в *AnyLogic*, принципами учёта факторов алгоритма в состояниях модели.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТЕГАНОГРАФИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Студентка гр. КОБ-11-2 ПНИПУ Н.С. Кобелева

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ А.А. Байдаров, канд. физ.-мат. наук,  
доцент кафедры высшей математики ПНИПУ Е.Л. Кротова

Наиболее популярным способом защиты информации в компьютерной среде являются различные криптографические методы шифрования. В качестве самого простого примера можно привести зашифрованный архив. Но у этого метода есть недостаток: он не скрывает наличия ценной информации. Если злоумышленник каким-либо образом перехватит данный архив, то с течением времени он сможет этот архив дешифровать.

Для того чтобы спрятать какой-либо секретный файл, можно использовать методы стеганографии. Стеганография буквально переводится как «тайнопись», это наука о скрытой передаче информации путём сохранения в тайне самого факта передачи.

В данной статье будут разобраны два простых способа скрытия зашифрованного архива в обычной картинке, которые сможет использовать любой человек, имеющий даже небольшой опыт общения с компьютером. Все методы реализованы в операционной системе *Windows*.

**Шифрование с помощью пакетного файла.** Первый метод самый простой, его можно осуществить без помощи каких-либо программных средств. Для этого необходимо создать пустую папку и поместить в неё любую картинку и документы, собранные в зашифрованный архив. В качестве примера возьмём фотографию котёнка с названием *kitten.jpg* и архив *doc.rar*. После этого нужно создать новый текстовый документ, содержащий команду «*Copy/b kitten.jpg + doc.rar image.jpg*». Далее сохраняем данный текстовый файл под любым именем, изменяя тип «*txt*» на «*bat*» и тип файла – на «Все файлы». После этого запускаем получившийся файл, и в нашей папке появляется *image.jpg* – то самое изображение, содержащее архив с файлом. Если его открыть с помощью программы просмотра фотографий, то увидим ничем не отличающуюся от *kitten.jpg* картинку (рис. 1). Чтобы увидеть спрятанный в ней архив, необходимо открыть этот же файл с помощью архиватора, пример показан на рис. 2.



Рис. 1. Вид рисунка при открытии различных файлов

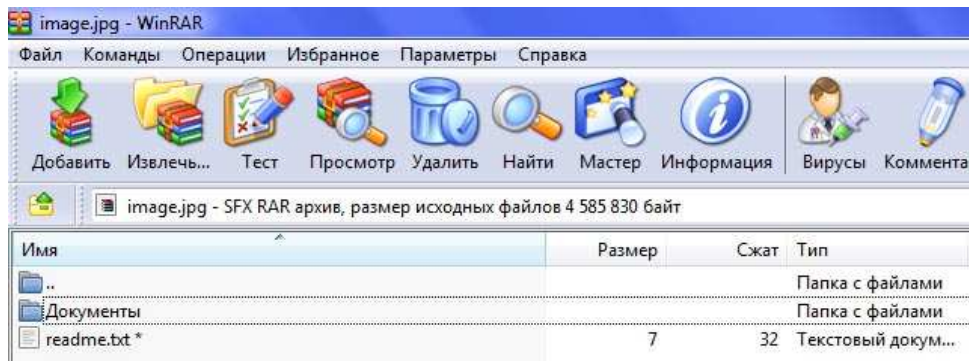


Рис. 2. Открытие файла с использованием архиватора

У этого метода существует недостаток: если архив достаточно объёмный, то, спрятав его, картинка соответственно увеличится в объёме. Пример показан на рис. 3.

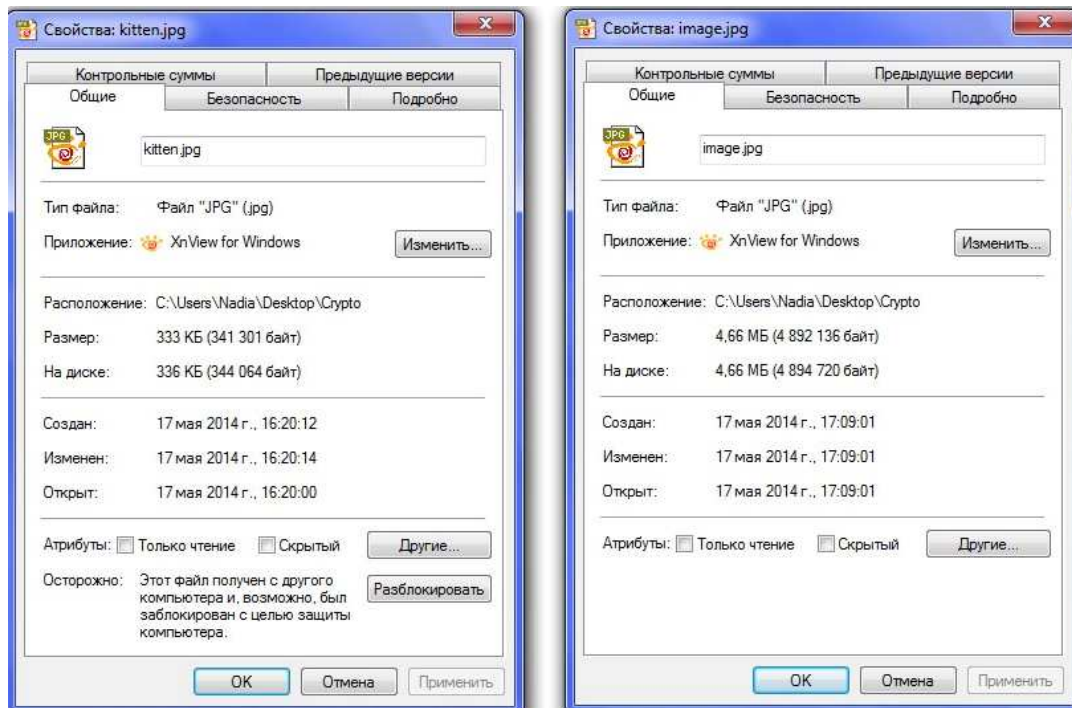


Рис. 3. Слева – исходный файл, справа – получившийся файл

**Шифрование с помощью программы BmpCoder.** Вторым методом аналогичен предыдущему, но реализуется с помощью программы BmpCoder. Данная программа позволяет закодировать файл, но чтобы его раскодировать, необходимо также использовать эту программу. В отличие от предыдущего метода размеры исходного файла и файла, содержащего архив, будут одинаковы, однако нужно подбирать картинку, соответствующую размеру шифруемого файла: она должна его превышать в четыре раза. Изображение, в которое необходимо зашифровать файл, должно быть в формате .bmp.

В качестве примера возьмём тот же зашифрованный архив doc.rar размером 4,33 МБ и подберём соответствующую картинку belka.bmp размером 22,7 МБ.

Чтобы закодировать файл, необходимо (рис. 4) в поле «Кодируемое изображение» указать путь к картинке, в которую нужно «спрятать» файл. Справа в поле «Возможно закодировать» появится допустимый размер файла, который можно незаметно спрятать в данную картинку. В поле «Кодируемый файл» указать путь к файлу, который нужно закодировать. После нажатия кнопки «Кодировать» программа предложит присвоить имя и сохранить файл формата .bmp. Как и в предыдущем методе, изображения визуально не отличаются (рис. 5).

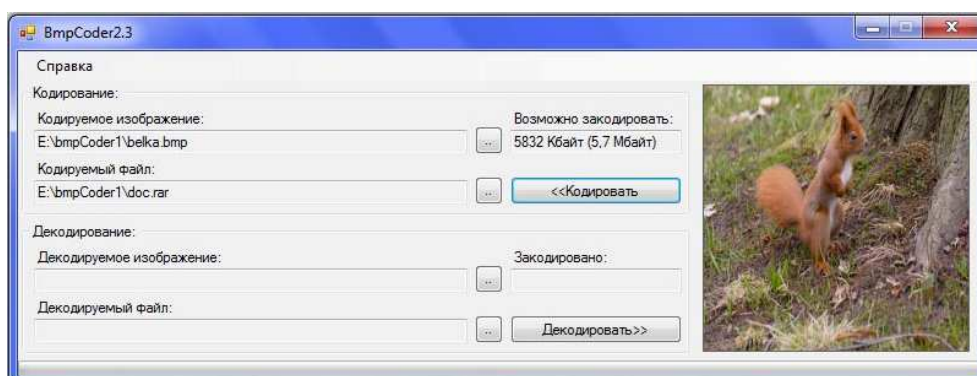


Рис. 4. Интерфейс окна управления



Рис. 5. Вид изображений после кодирования



Если сравнить размеры исходного и нового изображения, то они будут одинаковы (рис. 6).

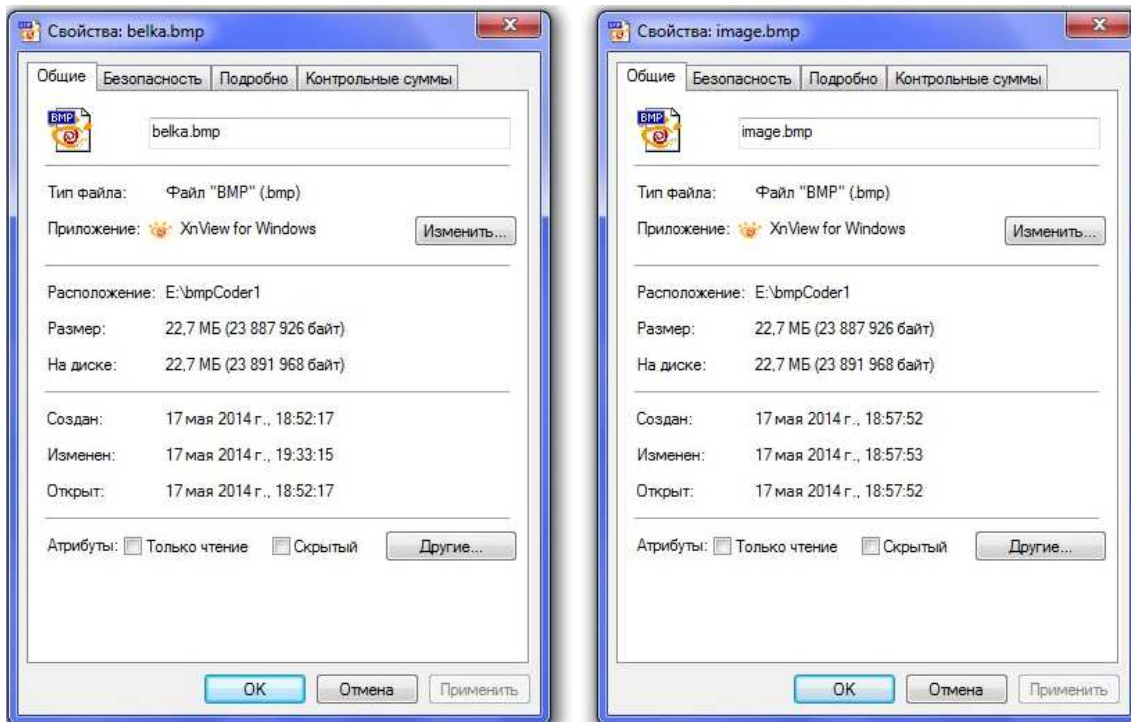


Рис. 6. Сравнение изображений

- Декодирование выполняется аналогично кодированию (рис. 7):
- в поле «Декодируемое изображение» указывается путь к файлу, который необходимо декодировать;
  - в поле «декодируемый файл» указывается путь к файлу, куда необходимо поместить результат.

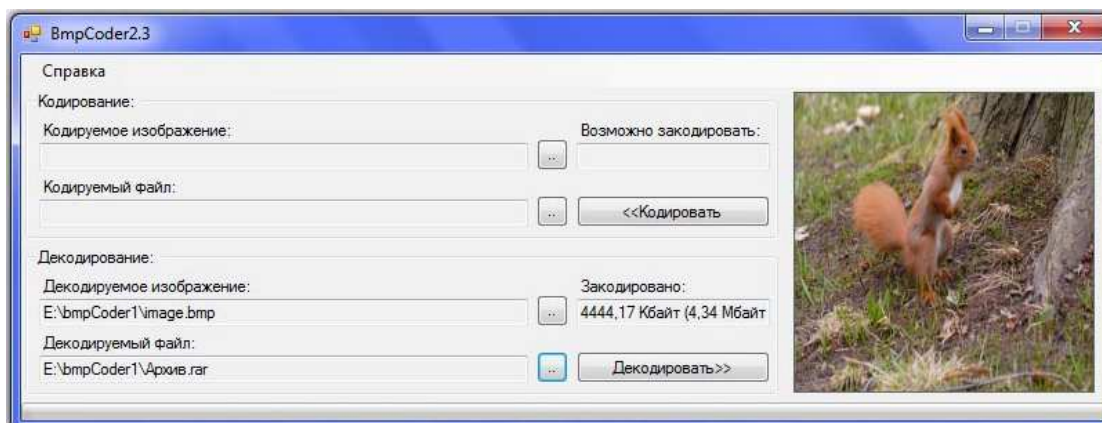


Рис. 7. Декодирование изображения



Данный метод обладает большей надежностью, чем предыдущий: во-первых, при маскировке файла в изображение оно не меняет свой первоначальный размер, во-вторых, в случае если злоумышленник узнал, что данное изображение содержит секретную информацию, то ему потребуется программа, с помощью которой он сможет декодировать изображение.

**Заключение** В качестве заключения следует отметить, что в данной статье были рассмотрены два наиболее простых и быстрых метода зашифровки файлов. Эти способы помогут вам быстро «спрятать» секретный документ, а также незаметно для злоумышленника передать его. Такие картинки «с секретом» можно не только передавать по почте, но и помещать на сайтах, тем самым незаметно обмениваясь сообщениями. Если необходимо оперативно зашифровать файл, то удобнее пользоваться методом с помощью пакетного файла, а если требуются надежность и целостность, то лучше использовать программу *VMBCoder*, но необходимо помнить что размер кодируемого изображения должен превышать размер кодируемого файла в четыре раза. Помимо этих двух методов существуют еще разные способы маскировки файлов, также имеются и специальные программы для поиска скрытых файлов.

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УРОВНЯ ПРИЛОЖЕНИЙ УЗЛА LONWORKS-СЕТИ

Студент гр. АТ-10-16 ПНИПУ В.В. Чмыков

Научный руководитель – ассистент  
кафедры АТ ПНИПУ С.А. Даденков

Процесс автоматизации сопровождает человечество с момента его зарождения. Сегодня автоматизация немыслима без применения вычислительной техники. Разработка промышленных сетей, в частности fieldbus-технологий, повысила эффективность систем автоматизации. На сегодняшний день разработано и применяется большое количество fieldbus-технологий с различными характеристиками в разных отраслях промышленности и народного хозяйства. В настоящей работе исследуется одна из наиболее перспективных технологий – *LonWorks*. Небольшая стоимость, простота эксплуатации, быстрота развертывания и возможность масштабирования технологии гарантировали широкую область ее применения в автоматизации инженерных подсистем зданий, а также в автоматизации технических производств.

Распределённая сеть *LonWorks* объединяет большое количество интеллектуальных узлов, включающих большое число датчиков и исполнительных механизмов. Сетевое распределённое взаимодействие узлов организует процесс автоматизации. Взаимодействие основано на базе коммуникационного стека протоколов *LonTalk*, включающего множество алгоритмов и особенностей функционирования. Протокол *LonTalk* построен и использует все 7 уровней сетевой модели OSI. Большое количество алгоритмов протокола способствует и используется для обеспечения надёжного и производительного взаимодействия узлов в сети. Проектирование Lon-сети с заданными характеристиками производительности требует решения задачи количественной оценки её производительности. Анализ известных публикаций [1–3], посвящённых анализу производительности, демонстрируют уделение малого внимания исследованию верхних уровней протокола *LonTalk*, в частности, уровню выполнения прикладных задач. В то же время анализ показывает его высокую значимость при выполнении комплексной оценки производительности сети *LonWorks*. Поэтому целью настоящей работы является разработка имитационной модели количественной оценки производительности уровня решения прикладных задач узла.

Исследуемый в работе уровень протокола реализуется на выделенном прикладном процессоре системы, и поэтому исследование уровня производится независимо от других уровней *LonTalk*. Основной задачей уровня приложения узла является своевременная реакция на происходящее в контролируемой подсистеме события. Для этого уровень приложения представляет собой последовательно выполняемые модули опроса (when) датчиков и решения задач (task) на основе полученных результатов. Результатом решения задачи может служить формирование для отправки сообщения другому сетевому узлу.

Последовательность выполнения модулей программы определена циклическим алгоритмом с приоритетами (рис. 1) и описывается следующим образом.

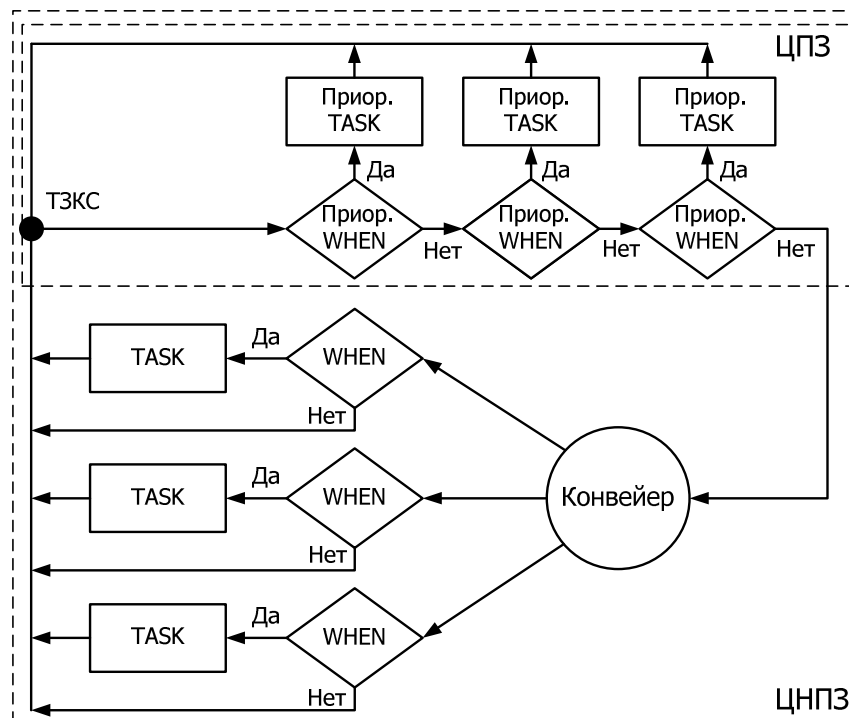


Рис. 1. Циклическое обслуживание приложения

Последовательность обслуживания прикладных модулей выполняется по круговой дисциплине обслуживания (Round-robin) с двумя уровнями приоритетов (далее – приоритетные и не приоритетные) (рис.1). В алгоритме необходимо выделять цикл приоритетных задач (ЦПЗ), в рамках которого происходит последовательное выполнение приоритетных проверок (priority when), при успешном срабатывании которых выполняются соответствующие задачи модуля (task). При срабатывании условия и решении задачи цикл приоритетных задач

начинается сначала с точки завершения критической секции (ТЗКС), в рамках которой выполняется обработка входящих/исходящих сообщений уровня приложений. Переход к циклу неприоритетных задач (ЦНПЗ) происходит в случае завершения ЦПЗ без сработавших условий. ЦНПЗ включает в состав ряд неприоритетных задач узла. За один этап неприоритетного цикла выполняется лишь один модуль (в порядке следования), после чего управление передаётся в ТЗКС, а после начинается новый приоритетный цикл.

Основным показателем производительности уровня приложений является время реакции программы на произошедшее в контролируемом процессе «критическое» изменение параметров (далее – событие). Данное время определяется как интервал времени от момента происхождения события до выработки на него управляющего решения модулем программы. Результатом решения может быть сформированное к отправке сетевое сообщение с информацией о важном изменении контролируемого процесса для узла(ов) автоматизации.

Время реакции зависит от большого числа факторов: количества приоритетных и неприоритетных модулей в программе, последовательности их расположения, конфигурационных свойств узла, определяющих условия проверки *when* в модулях программы, продолжительности времени выполнения проверок и решения задач процессором. Несмотря на важность учёта представленных факторов при оценке производительности, в известных научных и практических публикациях [3, 4] должного внимания им не уделено.

Выражения операторов проверки *when* зависят от применяемых конфигурационных свойств (*Configuration Property*), описывающих тип проверки и граничные значения параметров. Наиболее распространены пять видов конфигурационных свойств [4]: 1) тактовые импульсы передачи (*Heartbeat, maxSndTime*); 2) тактовые импульсы приёма (*maxRcvTime*); 3) дроссель передачи (минимальное время между передачами, *Throttle, minSndTime*); 4) дельта передачи (минимальное изменение параметра *sndDelta, minDeltaLevel*); 5) уровень передачи (изменение параметра, связанное с выходом за допустимые границы его значения *minLevel, maxLevel*).

Разработка модели уровня приложения узла выполняется на базе одного из наиболее современных инструментов имитационного моделирования *AnyLogic*. Объединение графического (блокового)

моделирования наряду с возможностью написания гибкой программы моделирования на языке объектно-ориентированного программирования Java позволяет создавать сложные и корректные имитационные модели для получения любой необходимой статистической информации.

В ходе работы в среде *AnyLogic* разработана модель, диаграмма состояний которой представлена на рис. 2. Разработанная модель характеризуется жёсткой системой ограничений. В частности, состояния модели учитывают число приоритетных и не приоритетных задач, переходы между ними осуществляются с экспоненциальной задержкой, а вероятности переходов определены алгоритмами выполнения циклов приоритетных и не приоритетных задач (см. рис.1). Выполнение проверок *when* выполняется согласно индивидуальному значению конфигурационного свойства – максимальному времени между обновлениями. Целью моделирования является сбор статистики по интенсивности выполнения задач (интенсивность формирования сетевых пакетов для передачи в канал), времени реакции на происходящие в системе события (истечение таймера).

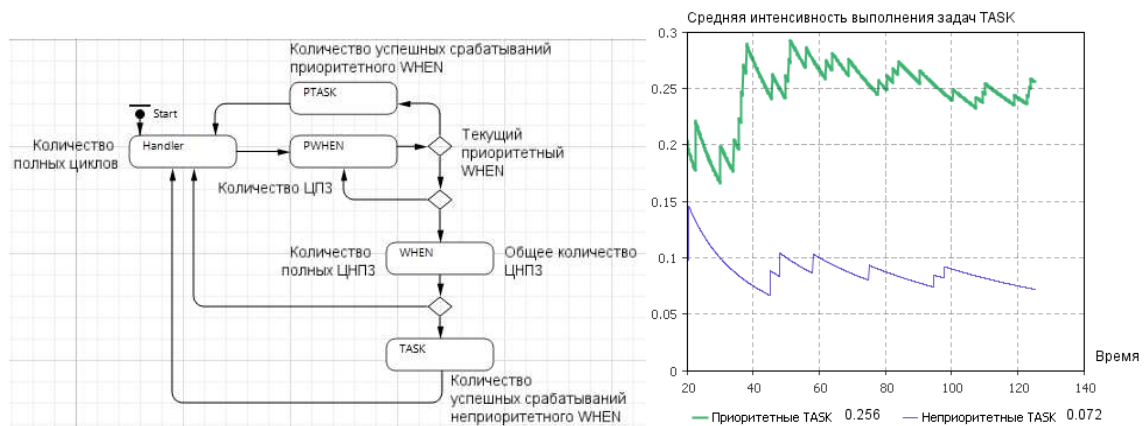


Рис. 2. Модель в среде *AnyLogic*

Диаграмма модели состоит из следующих основных состояний: обработчик (*Handler*), выполняющий функции точки завершения критической секции и сбор, расчёт статистики, приоритетный и без-приоритетный модули организованы как *Pwhen-Ptask*, *when-task*.

Дальнейшим развитием модели является учёт других конфигурационных свойств, что позволит более корректно выполнять оценку производительности сети. Предполагается интеграция полученной модели уровня приложения в модель нижних уровней *LonTalk*

с целью получения адекватной модели, позволяющей выполнять корректные оценки производительности коммуникационного взаимодействия в *LonWorks*.

### **Библиографический список**

1. Даденков С.А., Кон Е.Л. Подход к построению аналитической модели информационно-управляющей сети LonWorks на основе нейрочипов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – М.: Радиотехника. – 2013. – № 11. – С. 64–69.

2. Антинескул А.В., Даденков С.А., Кон Е.Л. Анализ временных задержек LonWorks-систем // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2012. – № 6. – С. 239–248.

3. Miśkiewicz M. Latency Characteristics of Event-Driven Task Scheduler Embedded in Neuron Chip // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. – 2007. – Vol. 7, № 12. – P. 132–149.

4. Дитрих Д., Лой Д., Швайнцер Г.Ю. LON-технология, построение распределенных приложений / пер. с нем. под ред. О.Б. Низамутдинова. – Пермь: Звезда, 1999. – 242 с.

# РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Студент гр. АТ-116 ПНИПУ М.В. Талыпов

Научный руководитель – ассистент кафедры АТ ПНИПУ А.И. Посягин

На данном этапе развития техники, в частности цифровой электроники, большую роль играют автоматические системы управления (АЦП). Сердцем любого измерительного прибора является аналого-цифровой преобразователь (АЦП), так как без этого элемента процесс измерения и приведения измеряемой величины в привычный для техники двоичный код невозможен. Поскольку требования к надёжности техники с каждым годом растут, дабы организовать приборы и устройства с высокой конкурентной способностью, появилась необходимость в разработке гибкой системы, основанной на отказоустойчивой нейронной сети.

Нейронные сети (НС) позволяют создавать адаптивные устройства с минимальными аппаратными затратами и обладают повышенным потенциалом к отказоустойчивости. В самонастраивающемся АЦП нейронная сеть позволяет создать индивидуальный АЦП (ИАЦП) переменной разрядности, зависящий от значения входного аналогового сигнала. Структурная схема самонастраивающегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети представлена в [1] (рис. 1).

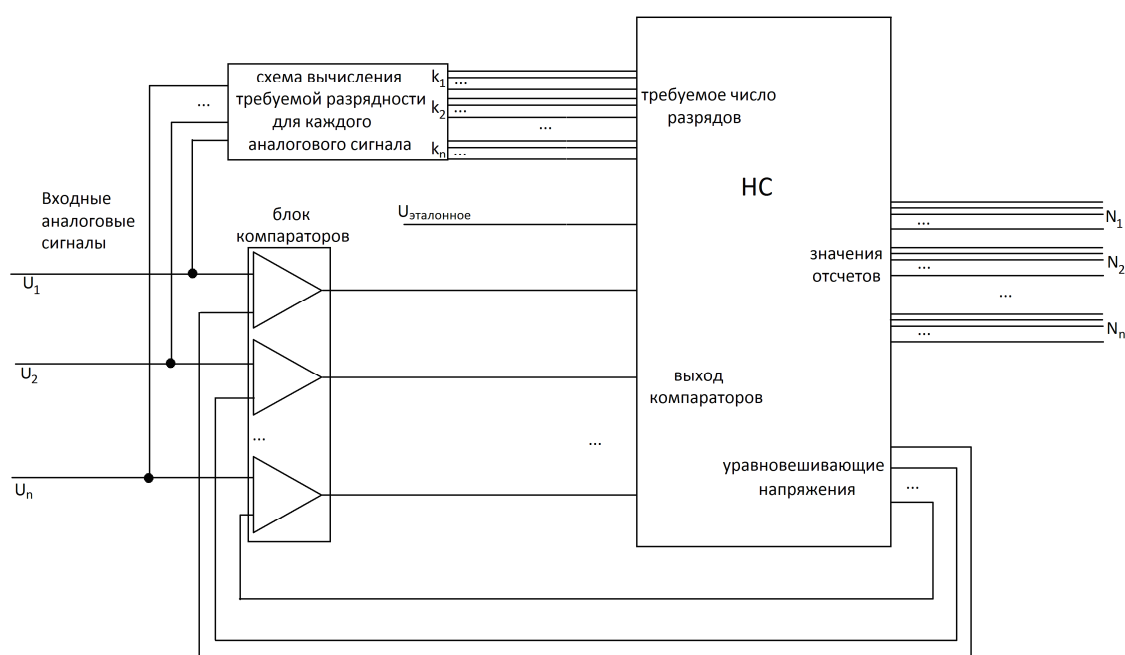


Рис. 1. Структурная схема АЦП на основе НС

Сама НС представляет двухслойную структуру, в состав которой входят два слоя: входной и выходной, а также связанные с ними скрытые слои коммутаторов (Км) и ОН (рис. 2).

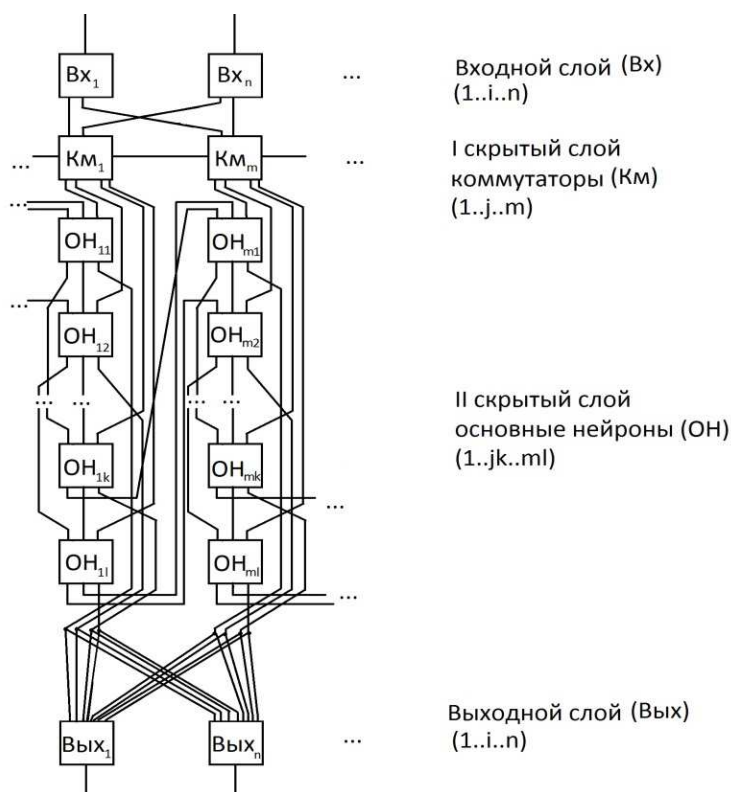


Рис. 2. Двухслойная схема НС

Входной слой обеспечивает синхронизацию с Км. Скрытый слой коммутаторов необходим для обеспечения процесса самонастройки с НС. Скрытый слой ОН представляет собой одноразрядные АЦП, объединенные шинами связи, причем каждый соединен с двумя последующими. Выходной слой предназначен для выполнения одного из этапов работы НС.

Существует также разработка двухканального отказоустойчивого АЦП [2]. Авторами данной разработки являются М.Н. Селуянов и А.П. Ежов. В данной системе АЦП обладает самоконтролем и возможностью реконфигураций при отказах устройства. Основная идея, заложенная в работе АЦП, состоит в использовании режимов параллельного и (или) последовательного опроса датчиков, что и позволяет автоматически производить реконфигурацию устройства при отказах по результатам самоконтроля каждого АЦП. При этом увеличивается среднее время наработки на отказ и снижаются затраты на техническое обслуживание.



Рассмотрим структурную схему двухканального отказоустойчивого последовательного АЦП (ДОАЦП), использующего замещение неисправного АЦП работоспособным по результатам самоконтроля и последующим последовательным опросом датчика неисправного канала [1]. Структурная схема ДОАЦП приведена на рис. 3. Устройство содержит следующие основные узлы: два АЦП, первые входы которых подсоединены к выходам соответствующих датчиков, блок управления и два одинаковых цифровых коммутатора.

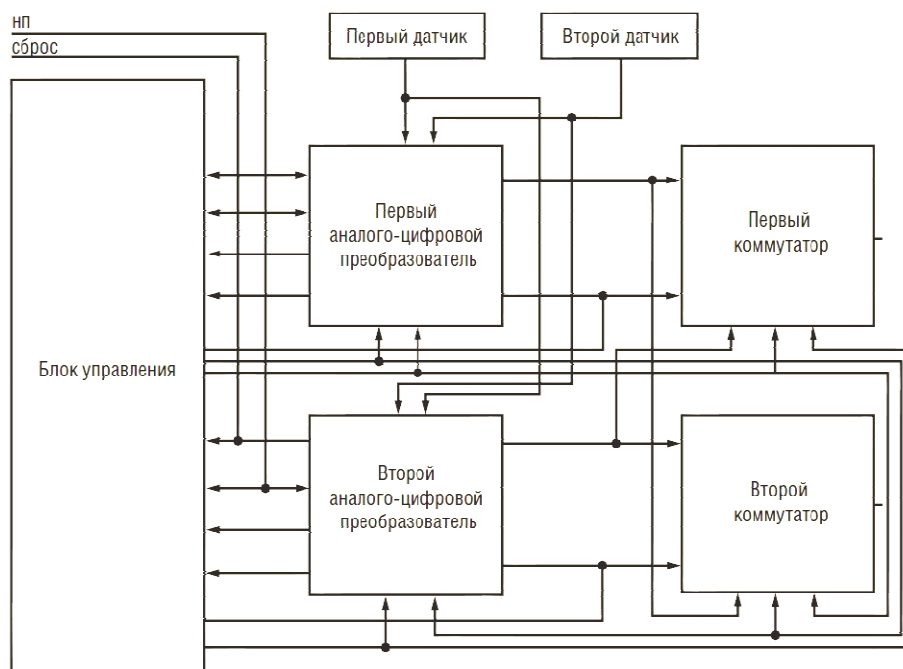


Рис. 3. Структурная схема ДОАЦП

Устройство работает следующим образом. По сигналу «сброс», формируемому при включении электропитания устройства, производится установка в лог.0 триггеров АЦП и блока управления. Сигнал «начало преобразования» (НП), поступающий на входы двух АЦП и блока управления, устанавливает в последнем параллельный режим опроса датчиков. Затем АЦП начинает процесс преобразования измеряемого сигнала в двоичный код с сокращённым циклом кодирования и самоконтролем. По окончании преобразования выходной код АЦП через соответствующие коммутаторы поступает в буферные регистры (ВУ-1 и ВУ-2).

Если в процессе преобразования, например в АЦП-1, сформируется сигнал «не годен» (НГ-1), то по этому сигналу при помощи блока управления АЦП-2 перейдёт в режим последовательного опроса

датчика Д-1. Поскольку сигнал НГ-1 в АЦП-1 блокирует сигнал НП, то сигнал от датчика Д-1 поступает на второй вход АЦП-2. После преобразования код этого сигнала записывается в буферный регистр ВУ-1 при помощи коммутатора ЦК-1. Аналогичным образом работает АЦП-1 в режиме последовательного опроса датчика Д-2 в случае формирования сигнала «не годен» в АЦП-2 (НГ-2)

Исходя из вышеизложенного, предлагается применить принципы, заложенные в работе М.Н. Селуянова и А.П. Ежова к разрабатываемому устройству. Основная идея сводится к устранению коммутаторов, тогда с помощью распределённой между ОН системой управления удастся повысить отказоустойчивость. Необходимо изменить принципы маршрутизации сигналов внутри сети, несмотря на вышедшие из строя нейроны. Основная идея заключается в том, чтобы ОН в зависимости от их исправности и в зависимости от необходимого числа ОН для конкретного входного сигнала объединялись либо в длинную цепочку, либо в несколько АЦП.

### **Библиографический список**

1. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2012. – № 11. – С. 18–24.

2. Двухканальный резервированный аналого-цифровой преобразователь: пат. № 2251209 Рос. Федерация / М.Н. Селуянов, А.П. Ежов; заявл. 2005. Бюл. № 12.

## НЕЙРОННАЯ СЕТЬ В САМОМАРШУРТИЗИРУЮЩЕМСЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Студентка гр. АТ-136 ПНИПУ С.С. Диева

Научный руководитель – ассистент кафедры АТ ПНИПУ А.И. Посягин

Для повышения эффективности производства были созданы автоматизированные системы управления (АСУ). Сейчас существует множество систем автоматизации, которые необходимы человеку. Автоматизация прочно входит в повседневную жизнь людей. Основная часть АСУ – это микроконтроллер, который принимает решения об изменении состояния управляемого объекта.

Особенность микроконтроллера заключается в том, что он способен воспринимать лишь цифровые сигналы. Поэтому актуальным остается вопрос разработки устройств, которые способны преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой.

Таким устройством является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). На современном этапе разработано и успешно применяется огромное количество разнообразных АЦП. Главные направления развития существующих преобразователей состоят в увеличении быстродействия, сокращении аппаратных затрат и повышении отказоустойчивости [1]. Одним из путей решения этой проблемы является разработка самомаршрутизирующегося АЦП на основе нейронной сети [2].

*Нейронная сеть (НС)* – это сеть с конечным числом слоев из однотипных элементов – аналогов нейронов – с различными типами связей между слоями [3].

В существующем АЦП на основе НС заложены принципы самомаршрутизации входного сигнала. Суть работы НС состоит в объединении универсальных одноразрядных АЦП в индивидуальный АЦП (ИАЦП), который содержит произвольное количество разрядов (рис. 1).

Система самомаршрутизации сигналов реализуется с помощью распределенной системы управления (СУ), которая размещена в двух скрытых слоях НС: слой основных нейронов (ОН) и слой коммутаторов (Км). Входной и выходной слои связывают НС с внешними цепями и осуществляют вспомогательную функцию при распределении сигналов в НС, коммутаторы (Км) реализуют функцию маршрутизации сигналов внутри НС от входных нейронов (Вх) к свободной части основных нейронов (ОН).

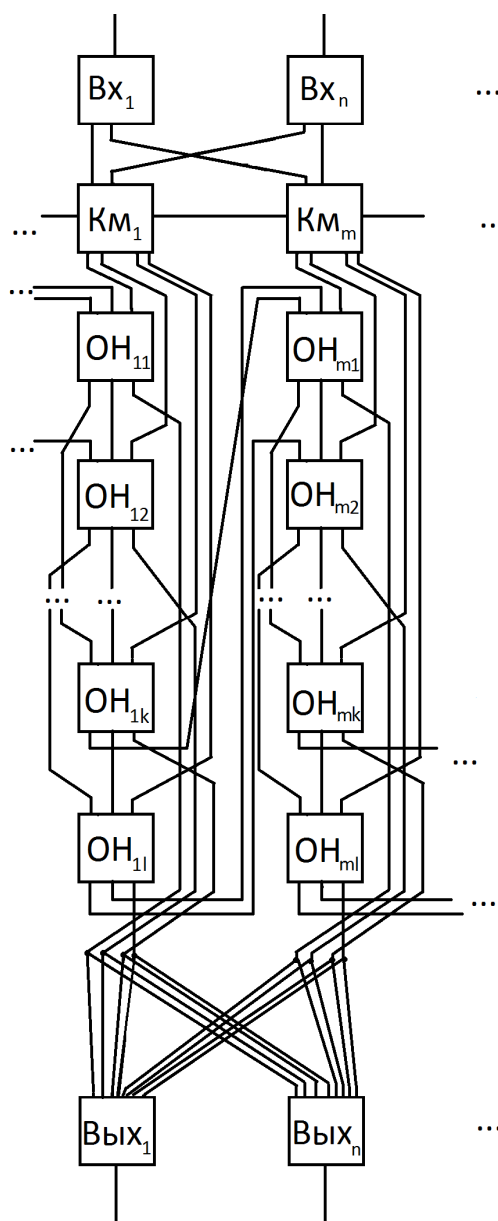


Рис. 1. Структура двухслойной НС

Работа самомаршрутизирующегося АЦП на основе НС делится на три этапа: формирование ИАЦП, проведение аналого-цифрового преобразования и разрушение ИАЦП. Формирование ИАЦП начинается при поступлении на вход НС информации о количестве требуемых для ИАЦП разрядов и связано с системой самомаршрутизации сигналов в НС.

В ходе разработки большое внимание уделялось непосредственно разработке АЦП, и на данный момент реализованы измерительная часть НС, а также система контроля исправности ОН [4, 5]. В нашей работе мы хотели бы обратить внимание на теорию нейронных сетей

и рассмотреть приведенную структуру с точки зрения ее универсальности, а значит, применимости к другим техническим системам.

Изначально разрабатываемая НС заявлялась как персептрон с тремя внутренними слоями [6]. После этого была проведена модернизация, и удалось избавиться от третьего внутреннего слоя, что позволяет обеспечить отказоустойчивость, но несколько увеличивает аппаратные затраты.

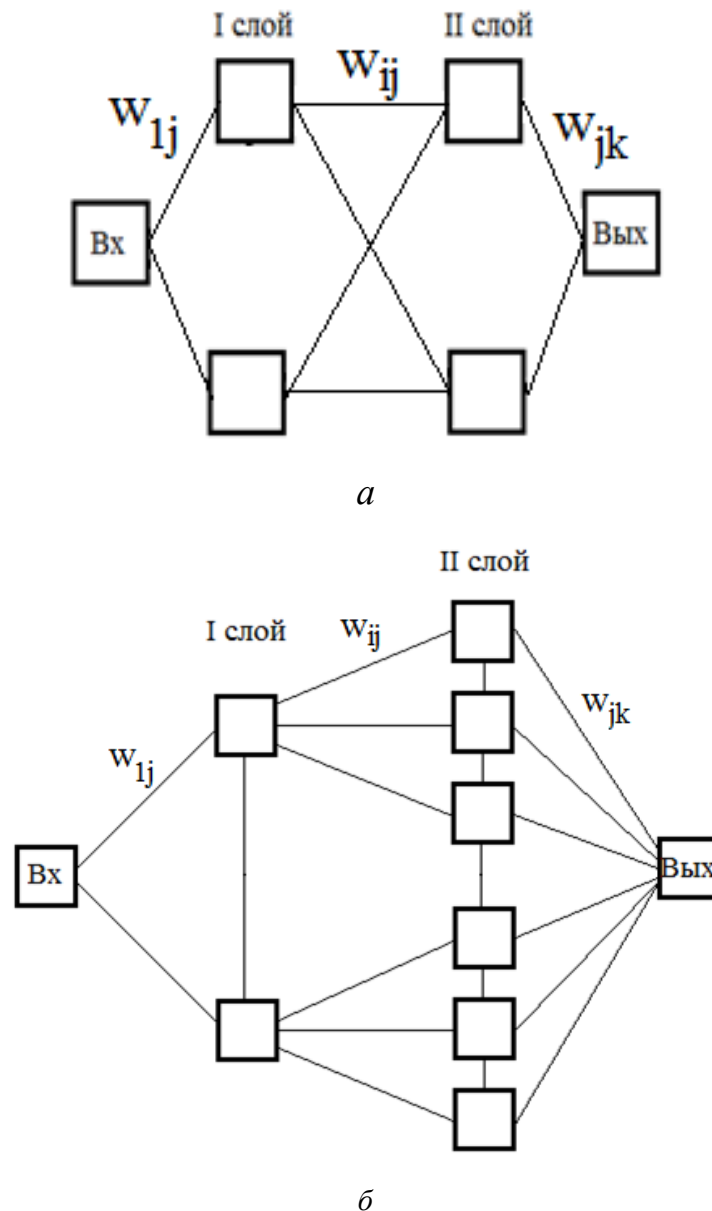


Рис. 2. Структура двухслойного персептрона (а), представление структуры разработанной НС в виде двухслойного персептрона (б)

Рассмотрим структуру персептрона с двумя внутренними слоями (рис. 2, а).

*Персептрон* – сеть прямого распространения, включающая один или несколько скрытых слоев, реализующих решение задачи, а также входной и выходной слою .

Представим разработанную структуру АЦП в виде персептрона (рис. 2, б). Главное отличие заключается в наличии дополнительных связей внутри слоев. Эти связи между нейронами внутри первого и внутри второго слоя помогают определить значение весовых коэффициентов между слоями и в целом не изменяют структуру НС как сети прямого распространения.

В настоящее время планируется рассмотреть в отдельности процесс маршрутизации сигналов внутри НС на этапе формирования ИАЦП и процесс измерения входного сигнала с помощью сформированного ИАЦП для того, чтобы определить степень соответствия работы разработанной НС принципам работы персептрона.

### **Библиографический список**

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: пер. с нем. Т. 2. – 12-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2007.
2. Посягин А.И., Южаков А.А. Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе двухслойной нейронной сети // Нейрокомпьютеры. – 2013. – № 11. – С. 76–81.
3. Хайкон С. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
4. Корнилков А.Н., Посягин А.И. Структура измерительной части основного нейрона самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя // Прикладная математика, механика и процессы управления [Электронный ресурс]: тез. докл. всерос. науч.-техн. интернет-конф. студ. и молод. ученых. – Пермь, 2014. – С. 158–159.
5. Кацко Е.В., Посягин А.И. Диагностика в аналого-цифровом преобразователе на основе нейронной сети // Прикладная математика, механика и процессы управления [Электронный ресурс]: тез. докл. всерос. науч.-техн. интернет-конф. студ. и молод. ученых. – Пермь, 2014. – С. 137–139.
6. Разработка двухслойной нейронной сети для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2013. – №11. – С. 10–13.

# РАБОТА КОММУТАТОРОВ В СИСТЕМЕ САМОМАРШРУТИЗАЦИИ СИГНАЛОВ В АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Студент гр. АТ-116 ПНИПУ А.Н. Корнилков

Научный руководитель – ассистент кафедры АТ ПНИПУ А.И. Посягин

Системы автоматизированного управления (САУ) занимают все более значимую роль во всех областях жизнедеятельности человека, начиная с простейших систем управления автоматическим фрезерным станком и заканчивая многозвенными иерархическими системами, например климат-контроль «умного» дома. Одной из проблем при разработке САУ является проблема обмена информацией между блоком управления и объектом управления, параметры которого меняются непрерывно в достаточно широком диапазоне. Информация об объекте управления собирается с помощью различных датчиков, выходом которых часто является аналоговое напряжение. Это напряжение необходимо преобразовать в двоичный код, для чего используются аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

В настоящее время существует огромное количество различных схем АЦП, каждая из которых отличается определенным набором технических характеристик [1], но постоянное развитие и усложнение САУ приводят к тому, что задача по разработке новых структур АЦП остается актуальной. На данный момент основные требования, предъявляемые к АЦП, связаны с отказоустойчивостью, увеличением быстродействия и возможностью создавать адаптивные системы с минимальными аппаратными затратами на их реализацию [2].

В основе разрабатываемого самомаршрутизирующегося АЦП лежит нейронная сеть (НС) – система, состоящая из однотипных элементов (нейронов) (рис. 1).

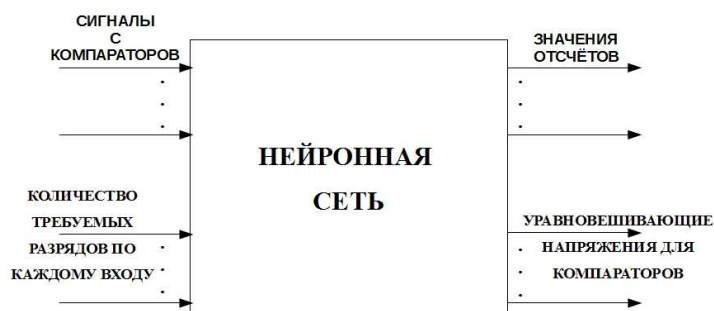


Рис. 1. Нейронная сеть

В случае АЦП данными элементами удобно представить простейшие одноразрядные АЦП. При этом нейроны способны объединяться и образовывать индивидуальные АЦП (ИАЦП) для каждого входного сигнала произвольной разрядности.

Входными сигналами для НС являются: сигналы с компараторов (для каждого из измеряемых напряжений), сигналы запроса на ИАЦП требуемой разрядности. Выходными же для НС являются значения отсчётов, а также уравнивающие напряжения, соответствующие каждому входному сигналу. НС формирует ИАЦП требуемой разрядности на основе информации, поступающей от внешней схемы, которая определяет разрядность, необходимую для качественного проведения измерения, а также от системы управления. Получение уравнивающего напряжения происходит за счет матрицы  $R-2R$  [2], которую образуют нейроны в НС. Для работы этой матрицы используется питающее напряжение  $U_{\text{эталонное}}$ , которое определяет величину аналогового напряжения, соответствующего старшему значащему разряду, далее при помощи матрицы распределяются весовые коэффициенты остальных разрядов. Если разряд находится в «1», то это приводит к добавлению тока, соответствующего этому разряду, в общую аналоговую шину, которая образуется при соединении нейронов в ИАЦП. Выход этой шины подключается к сумматору токов, который преобразует общий ток всех разрядов в уравнивающее напряжение. НС имеет двухслойную структуру: два скрытых, входной и выходной слои [3] (рис. 2).

Входной и выходной слои связывают НС с внешними цепями и осуществляют вспомогательную функцию при распределении сигналов, коммутаторы (Км) реализуют функцию маршрутизации сигналов внутри НС от входных нейронов (Вх) к свободной части основных нейронов (ОН), ОН отвечают непосредственно за проведение аналогоцифрового преобразования. В структуре ОН заложены схема формирования значения разряда, которая срабатывает в определенный момент времени, определяемый системой управления (СУ), а также звено матрицы  $R-2R$ , с помощью которого происходит деление напряжения между разрядами (в зависимости от положения ОН в ИАЦП это звено будет определять «вес» разряда данного ОН). СУ осуществляет управление процессом формирования значения разряда, а также осуществляет маршрутизацию сигналов внутри НС за счет подключения входных и выходных ключей к другим нейронам.



Работа самомаршрутизирующегося АЦП на основе НС делится на три этапа [2]: формирование ИАЦП, проведение аналого-цифрового преобразования и разрушение ИАЦП. Этап формирования ИАЦП связан непосредственно с системой самомаршрутизации сигналов в НС.

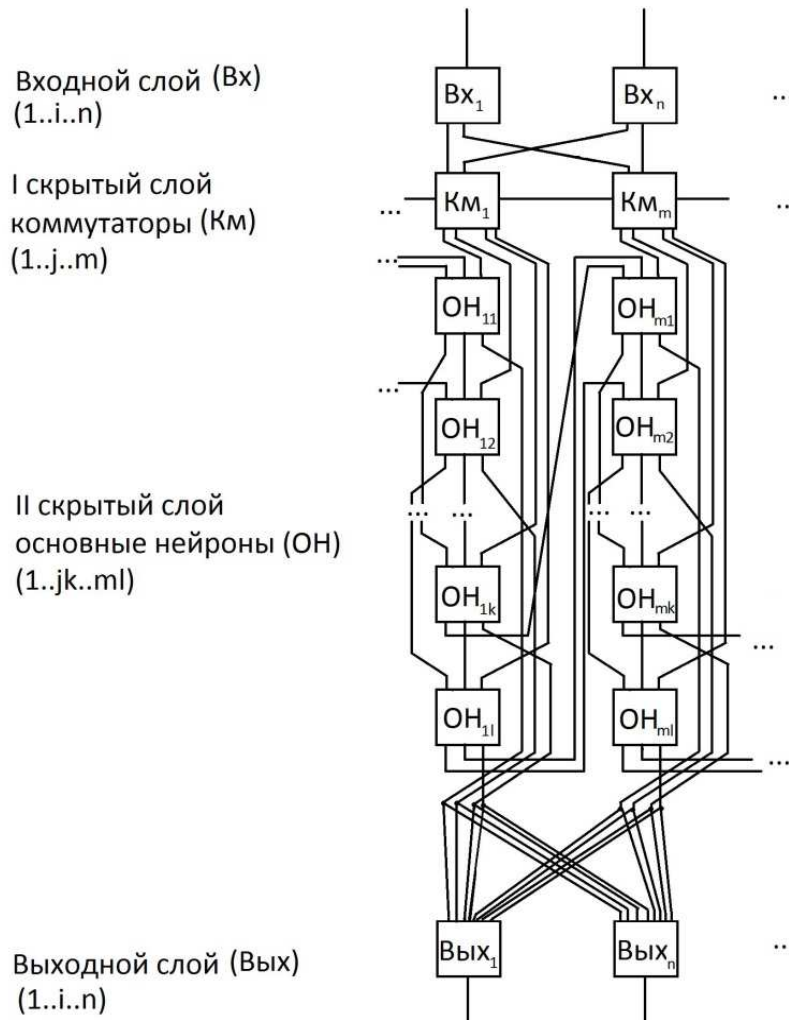


Рис. 2. Структура НС

Для сбора информации о состоянии ОН используются Км (рис. 3), которые получают от ОН флаги «готов» и «связность». Значения этих флагов указывают соответственно на работоспособность конкретного ОН и на то, что этот ОН может подключить свои выходы к одному из других ОН. Значение флага «связность» в общем также зависит от значения флага «готов», так как он выставляется только в том случае, если данный ОН получил хотя бы один из флагов «готов», выработанных другими ОН, к которым он может подключиться.

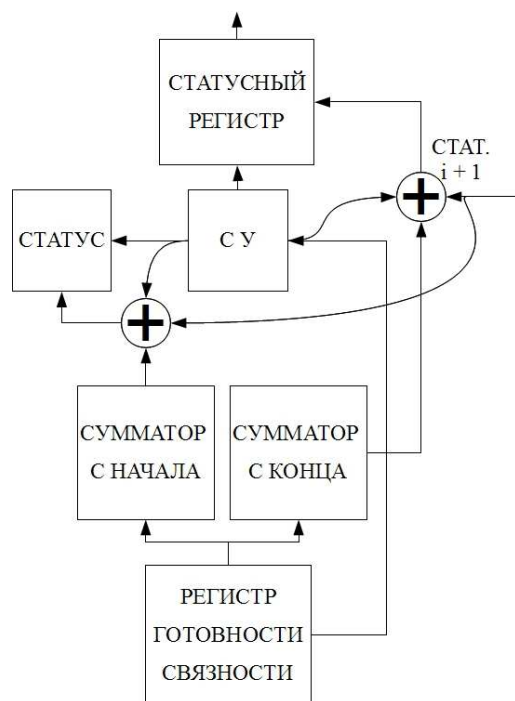


Рис. 3. Структура К<sub>м</sub>

На основании полученных флагов К<sub>м</sub> подсчитывает собственные ОН, причем осуществляет подсчет отдельно с начала и с конца, это позволяет разделить ОН в случае потери между ними связности. Такое разделение необходимо потому, что ОН, подсчитанные с начала, могут быть присоединены к ИАЦП, формируемому через соседний К<sub>м</sub>, а ОН, подсчитанные с конца, могут использоваться для формирования ИАЦП через данный К<sub>м</sub>. Поэтому в К<sub>м</sub> предусмотрены две системы распространения статусной информации о состоянии ОН: значение статуса, соответствующее сумме ОН, подсчитанных с начала, распространяется К<sub>м</sub> справа налево без задержки; значение статусного регистра отправляется во входной нейрон и соответствует сумме ОН, подсчитанных с конца, и значению статуса К<sub>м</sub> справа. При этом надо иметь в виду, что если связность не нарушена, то к своему статусу К<sub>м</sub> добавит статус соседнего справа К<sub>м</sub>, а если связность нарушена в последнем ОН, подключенном к данному К<sub>м</sub>, то значение статусного регистра будет равно нулю, так как отсутствие связности в последнем ОН свидетельствует о том, что формирование ИАЦП через данный К<sub>м</sub> невозможно.

В итоге на данном этапе нами разработаны сумматоры готовых и связных нейронов с конца цепочки и с начала. Эти сумматоры представляют собой комбинационные схемы (сигналы распростра-

няются в них без задержек и передаются в коммутаторы). Также нами разработана и промоделирована система управления, соответствующая описанным выше положениям и принципам работы системы самомаршрутизации сигналов. В дальнейшем требуется объединить полученную структуру Км с входными нейронами, разработать ответную часть входных нейронов, которая, используя информацию с Км, будет принимать решение о направлении формирования ИАЦП.

### **Библиографический список**

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: пер. с нем. Т. 2. – 12-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2007.
2. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2012. – № 11. – С. 18–24.
3. Разработка двухслойной нейронной сети для самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 10–13.

# КОНТРОЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ОСНОВНОГО НЕЙРОНА В САМОМАРШРУТИЗИРУЮЩЕМСЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Студент гр. АТ-116 ПНИПУ Е.В. Кацко

Научный руководитель – ассистент кафедры АТ ПНИПУ *А.И. Посягин*

В современном развивающемся информационном мире значимую роль занимают автоматизированные системы управления (АСУ). Особое внимание в таких системах занимает аналого-цифровой преобразователь (АЦП), так как в современных системах он является неотъемлемым звеном между объектом управления, информация о котором принимается датчиками в аналоговом виде, и блоком управления, в котором происходит дальнейшая обработка информации в цифровом виде.

В связи с развитием и усложнением АСУ и их внедрением в системы повышенной опасности (ядерная энергетика, военная и авиационная промышленность) становится актуальным решение проблем, связанных с надежностью и отказоустойчивостью элементов в АЦП. В этой области существуют различные разработки, в частности, создание структуры АЦП с реконфигурацией устройства при отказах по результатам самоконтроля [1]. Одним из вариантов решения вышеназванной проблемы являются нейронные сети (НС) [2].

НС позволяют создавать адаптивные устройства с минимальными аппаратными затратами и обладают большим потенциалом к обеспечению отказоустойчивости. В самомаршрутизирующемся АЦП нейронная сеть позволяет создать индивидуальный АЦП (ИАЦП) переменной разрядности, зависящий от значения входного аналогового сигнала.

Сама НС представляет двухслойную структуру, в состав которой входят два скрытых слоя: слой коммутаторов (Км) и слой ОН, а также входной и выходной слои (рис. 1).

Входной и выходной слои связывают НС с остальными частями АЦП и осуществляют вспомогательную функцию при распределении сигналов в НС. Скрытый слой коммутаторов необходим для обеспечения процесса самомаршрутизации с НС. Скрытый слой ОН представляет собой одноразрядные АЦП, объединенные шинами связи,

причем каждый соединен с двумя последующими. Выходной слой предназначен для выполнения одного из этапов работы НС.

Для понимания значимости НС в процессе самомаршрутизации рассмотрим ее основные этапы работы: формирование ИАЦП, проведение аналого-цифрового преобразования и разрушение ИАЦП. Формирование ИАЦП происходит за счёт объединения необходимого числа свободных ОН. Количество таких ОН зависит от значения статусных регистров Км. Км сообщают о количестве свободных ОН входному слою. Принимая это значение, входной слой переправляет измеряемый сигнал Км, имеющему у себя достаточное для преобразования число ОН.

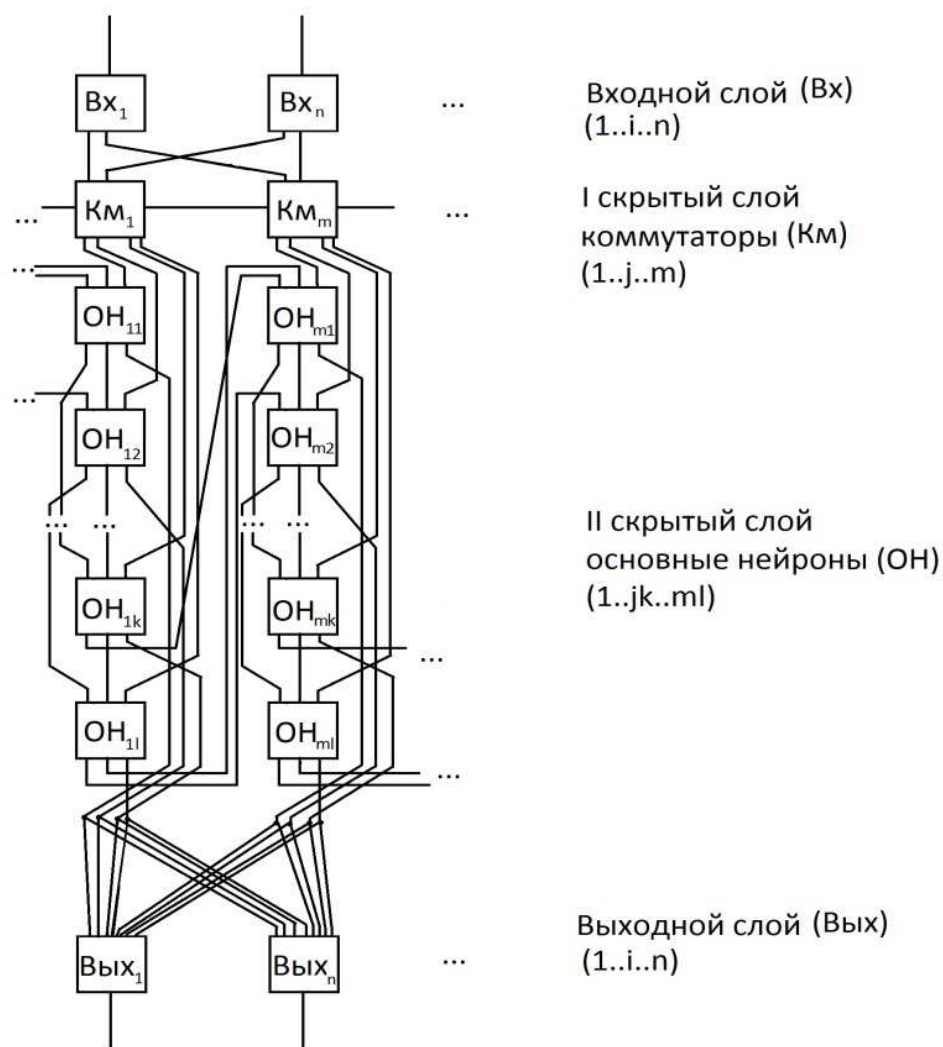


Рис. 1. Двухслойная схема НС

Км формирует ИАЦП, определяя ОН, соответствующий старшему и младшему значащему разряду. Младший разряд ОН своими

выходами присоединяется к выходному нейрону, условный номер которого соответствует номеру входного нейрона. После этого выходной нейрон посылает сигнал готовности входному – это свидетельствует о завершении этапа формирования ИАЦП.

Для обеспечения отказоустойчивости АЦП необходимо на этапе формирования ИАЦП указать системе самомаршрутизации на нерабочие ОН. Для этого используются флаги готовности ОН, сигнализирующие о работоспособности нейронов. Чтобы получить значения таких флагов, необходима схема контроля ОН.

Прежде чем создавать схему контроля измерительной части ОН, была построена константная модель дефектов – модель, в которой рассматриваются только линии связи между элементами схемы [3]. Контроль в такой модели основывается на предположении, что в любой линии связи может возникнуть цифровой константный сигнал (либо «0», либо «1») из-за обрыва связи, короткого замыкания или выхода из строя элемента. В нашем исследовании мы рассматривали только одиночные константные дефекты, так как их появление наиболее вероятно.

В схеме измерительной части ОН (рис. 2) происходит установка цифрового разряда либо в «0», либо в «1» в зависимости от значения на выходе компаратора. Работа схемы происходит в течение 5 тактов (рис. 3).

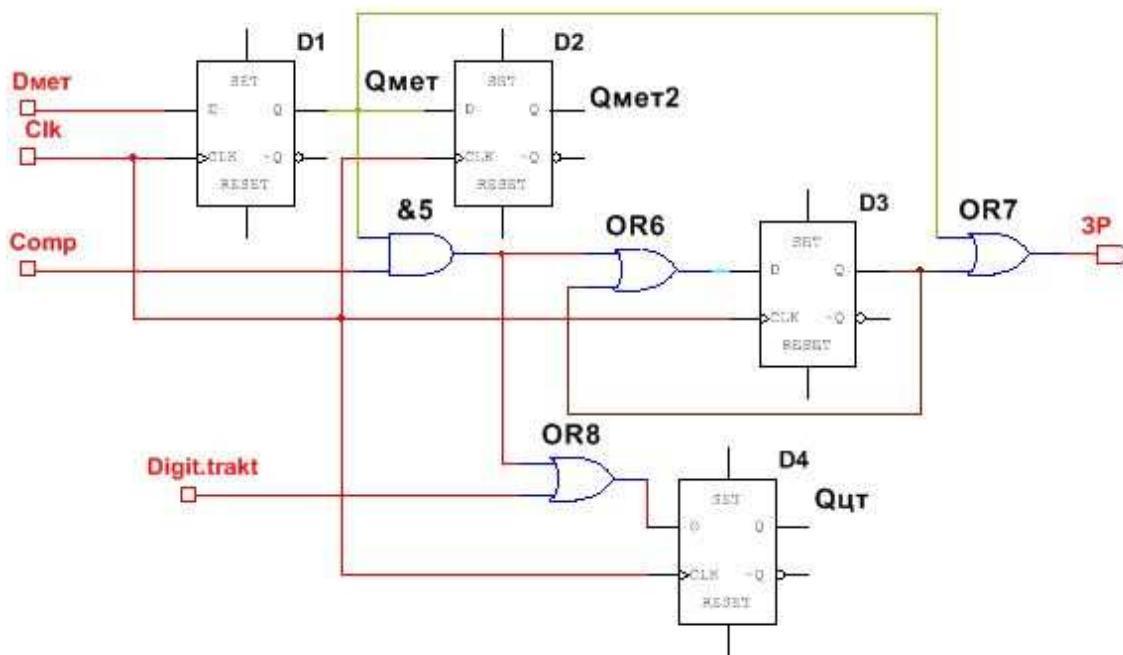


Рис. 2. Схема измерительной части ОН

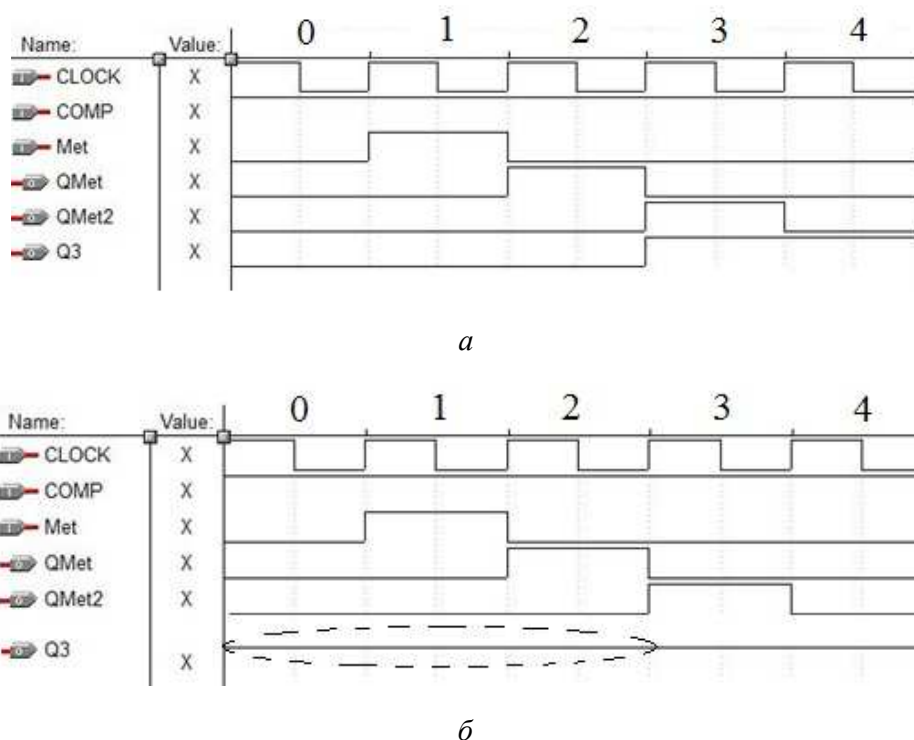


Рис. 3. Временные диаграммы: *a* – в рабочем режиме; *б* – в случае единичного дефекта на  $Q_3$

На нулевом такте значения всех триггеров сбрасываются в ноль – асинхронный сброс, этот сигнал обозначает начало нового измерения. На первом такте служебный сигнал поступает на триггер  $D_1$ . На втором такте сигнал метки проходит вместе с сигналом компаратора через комбинационную схему и поступает на вход триггера  $D_3$ . Третий такт предназначен для переключения триггера  $D_3$  в нужное значение в зависимости от того, что поступило со входа компаратора. На четвертом такте происходит хранение разряда в триггере  $D_3$ .

Чтобы определить запрещенные состояния, в схему измерительной части ОН были введены искусственные одиночные константные дефекты. Работоспособность схемы определяем по временной диаграмме с учетом логики работы цифровых элементов. Временные диаграммы для схемы в рабочем состоянии и в состоянии с единичным дефектом на  $Q_3$  приведены на рис. 3, *a*, *б*.

Модель дефектов создавалась на основе таблицы дефектов (таблица) при значении сигнала с выхода компаратора, равном «1». С помощью такой модели необходимо было определить состояния системы, при которых определяются всевозможные обнаруживаемые дефекты.

### Обнаруживаемые одиночные константные дефекты для $Q_3$

Дефекты	Такты				
	0	1	2	3	4
$Q_1(=0)$				+	+
$Q_1(=1)$		+	+		
$\&_5(=0)$				+	+
$\&_5(=1)$		+	+		
$OR_6(=0)$				+	+
$OR_6(=1)$		+	+		
$Q_3(=0)$				+	+
$Q_3(=1)$	+	+	+		

Данные таблицы дают нам информацию о том, на каком такте и какой дефект можно обнаружить с помощью сигнала  $Q_3$  при сигнале компаратора «1». По такому же принципу строится таблица дефектов для сигнала  $Q_3$  в случае, когда сигнал компаратора переходит в «0» на втором такте.

Такие таблицы строились для всех выходных сигналов триггеров. При составлении было замечено, что только для сигнала  $Q_3$  таблица позволяет определить наибольшее количество обнаруживаемых дефектов на определенных тактах.

Проектируя схему контроля (рис. 4), мы задались условием, что дискретные элементы схемы контроля являются ядром, надежность которого во много раз превосходит надежность схемы измерительной части.

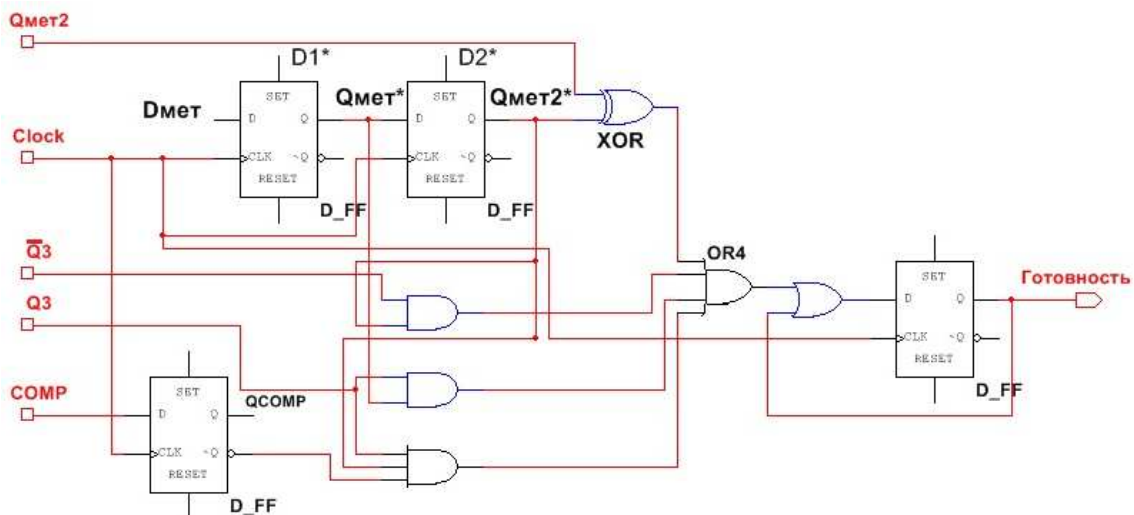


Рис. 4. Схема контроля для получения флага готовности



Исходя из этого и учитывая особенности сигналов на втором и третьем тактах, построили простую комбинационную схему для обнаружения всех возможных одиночных константных дефектов. На выходе схемы установили триггер «D<sub>3</sub>», сохраняющий значение флага готовности определенное количество тактов. Работоспособность схемы иллюстрирует временная диаграмма для случая с единичным константным дефектом (рис. 5):

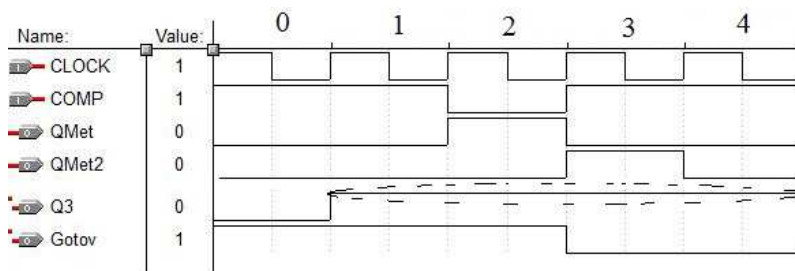


Рис. 5. Временная диаграмма в случае дефекта постоянной единицы на &<sub>5</sub>

В результате на сегодняшний день получена схема контроля измерительной части ОН, позволяющая формировать флаг готовности. В дальнейшем предполагается вести работу в следующих направлениях:

- рассмотреть надежность входных и выходных ключей и возможность их диагностики;
- разработать контроль системы управления и маршрутизации ОН;
- разработать внешнюю систему диагностики ИАЦП в нейронной сети.

### Библиографический список

1. Цифровые адаптивные информационно-измерительные системы / Б.Я. Авдеев, В.В. Белоусов [и др.]; под ред. Б.Я. Авдеева и Е.А. Чернявского. – СПб.: Энергоатомиздат, 1997.
2. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2012. – № 11. – С. 18–24.
3. Кон Е.Л., Кулагина М.М. Надежность и диагностика компонентов инфокоммуникационных и информационно-управляющих систем. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012.
4. Кацко Е.В., Посягин А.И. Диагностика в аналого-цифровом преобразователе на основе нейронной сети // Прикладная математика, механика и процессы управления [Электронный ресурс]: тез. докл. всерос. науч.-техн. интернет-конф. студ. и молод. ученых. – Пермь, 2014. – С. 137–139.

## ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛИС И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Студент гр. АТ-09 ПНИПУ Р.В. Вихорев

Научный руководитель – заслуженный изобретатель РФ,  
д-р техн. наук, профессор кафедры АТ ПНИПУ С.Ф. Тюрин

В настоящее время перед разработчиками аппаратуры стоят жесткие требования по увеличению функциональности и повышению надежности. В связи с этими требованиями, как альтернатива микропроцессорным средствам, все более актуально применение программируемых логических интегральных схем – ПЛИС типа FPGA. FPGA представляет собой большое число одинаковых логических элементов ЛЭ, включающих генератор функций, выполненный в виде таблицы перекодировок LUT [1–3]. Однако подробное методическое описание LUT в литературе встречается довольно редко. С целью исследования и разработки ЛЭ для ПЛИС типа FPGA выполним моделирование LUT.

**Моделирование ЛЭ LUT-2.** На рис. 1 изображен логический элемент ПЛИС типа FPGA на две входные переменные с целью упрощения дальнейших рассуждений. Оборудование, осуществляющее конфигурирование связей переменных  $x_1, x_2$  и запись настроечной информации в SRAM, не указано на рис. 1.

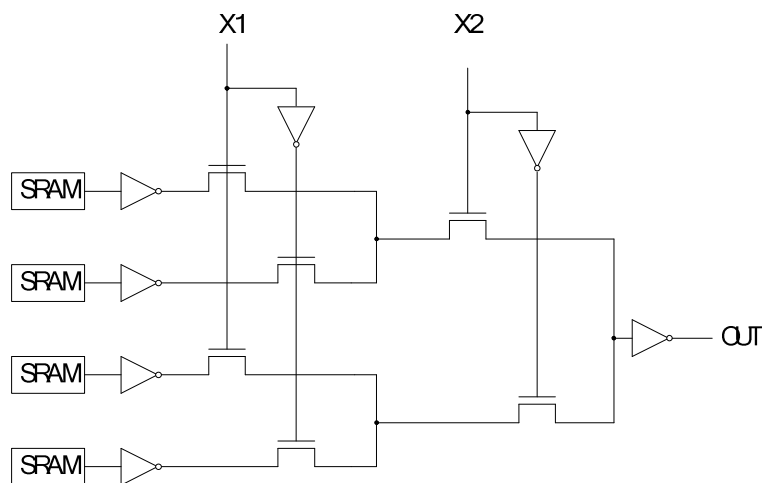


Рис. 1. ЛЭ LUT с числом входов  $n = 2$  (мультиплексор 4-1)

Выполним моделирование ЛЭ LUT для  $n = 2$  (рис. 1) в системе схемотехнического моделирования *NI Multisim 10* фирмы *National Instruments Electronics Workbench Group* [4, 5] (рис. 2).

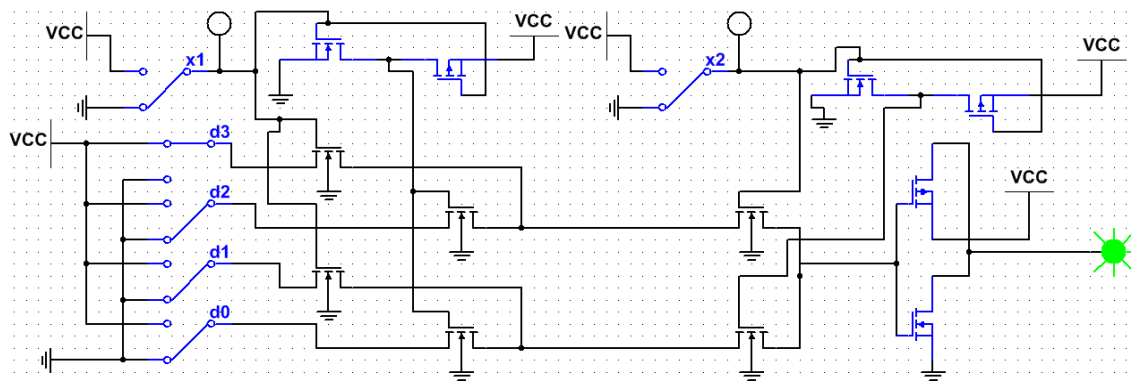


Рис. 2. Адрес в базе  $x_2x_1$ , равный 00 (на выходном инверторе  $z = 1$ , 0 на вход инвертора поступает со входа  $d_0$ )

Настройка моделируется ключами  $d_3... d_0$ . При установке адреса  $x_2x_1=00$  ключами 1,2 на выходном инверторе наблюдаем  $z = 1$ , при этом 0 на вход инвертора поступает со входа  $d_0$ . Если  $d_0$  устанавливаем в 1, то на выходном инверторе наблюдаем  $z = 0$  (рис. 3).

Аналогично выполняем моделирование передачи настроечных сигналов со входов  $d_1...d_3$  и убеждаемся, что ЛЭ LUT2 функционирует правильно – реализует логическую функцию двух переменных, заданную настроечными входами  $d_3...d_0$ . Недостатком такого ЛЭ являются большие аппаратные затраты количества транзисторов на реализацию систем логических функций.

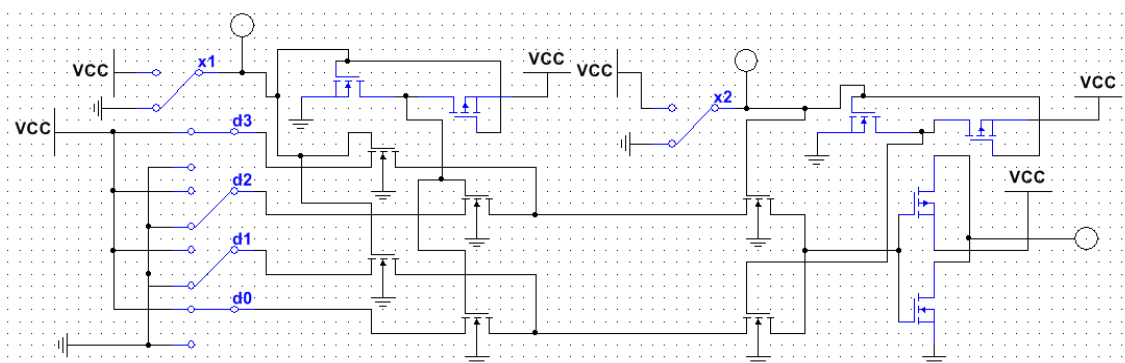


Рис. 3. Адрес в базе  $x_2x_1$ , равный 00 (на выходном инверторе  $z = 0$ , 1 на вход инвертора поступает со входа  $d_0$ )

**Моделирование ЛЭ DC –LUT2.** В КМДП-транзисторах, используемых в LUT, при одинаковых топологических характеристиках стоки и истоки транзисторов фактически эквивалентны. Поэтому можно выполнять своего рода «реверс» сигналов. Получим структуру, «обратную» структуре LUT-дешифратор, будем называть её DC – LUT [6–9] (рис. 4).

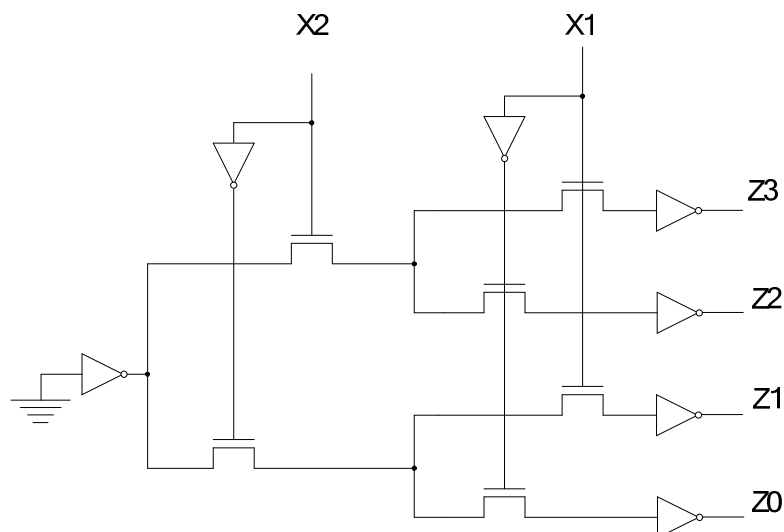


Рис. 4. Транзисторная схема – дешифратор DC –LUT 2 (структура, «обратная» структуре на рис. 1)

При этом программируются связи выходов 0,1,2,3 с соответствующими элементами ИЛИ с целью реализации систем логических функций.

С целью исключения состояний неподключенных входов выходных инверторов предложено для каждого выходного инвертора на рис. 2 создать альтернативную цепочку, гарантированно переводящую его выход, например, в единицу.

Для этого предлагается использовать выражение, двойственное конъюнкции, описывающей соответствующую цепочку в обратном дереве (рис. 5).

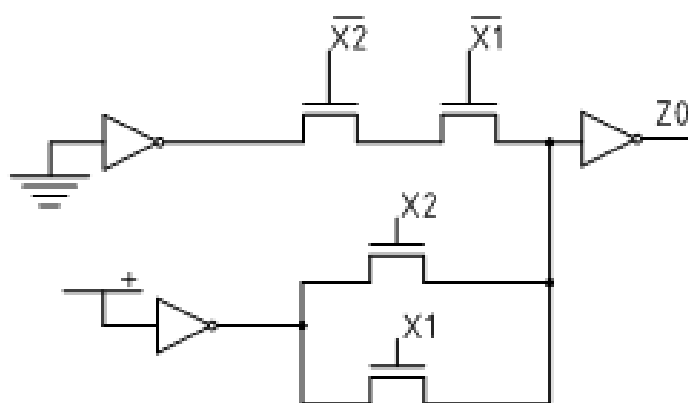


Рис. 5. Нулевой разряд DC LUT2 с альтернативной цепочкой

На рис. 6 представлена упрощённая модель DC –LUT 2 без альтернативных цепочек, структура, «обратная» структуре LUT 2.

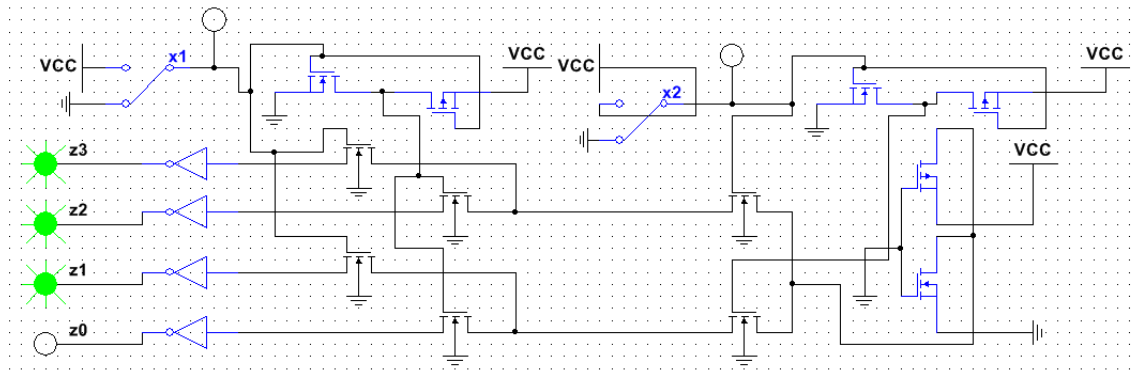


Рис. 6. Дешифрация нулевого адреса

Следовательно, сигнал идёт в обратную сторону – с выхода инвертора на выходы  $z3 \dots z0$ , причём введены 4 дополнительных инвертора, активирование в состояние нуля  $z3 \dots z0$  определяется адресом  $x1, x2$ . Таким образом, моделирование подтверждает правильность функционирования предложенного DC LUT.

**Оценка эффективности DC –LUT по сравнению с LUT.** Сравним по сложности LUT –  $L(n)$  (1) и DC LUT ( $L_{dc}$ ) (2):

$$L_{LUTn} = 2^{n+1} + 8 \cdot 2^n + 2 \cdot n, n \geq 2, \quad (1)$$

$$L_{DC-LUTn} = 2^{n+1} + 2n + (6m + 2 + n)2^n \quad (2)$$

для реализации систем логических функций при различных параметрах числа переменных  $n$ , количество функций  $m = 8, 16$  (рис. 7).

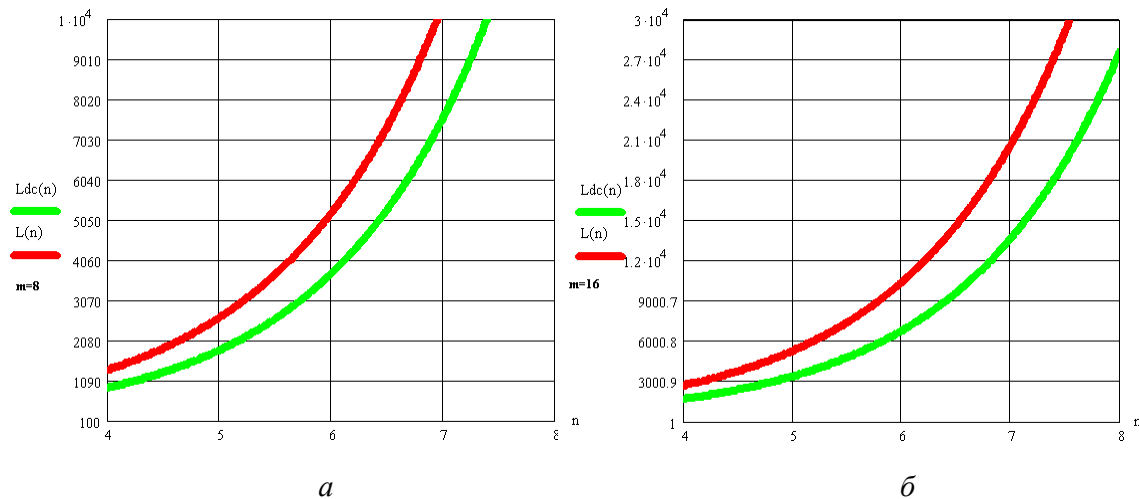


Рис. 7. Сравнение аппаратных затрат в транзисторах известной структуры LUTn ( $L$ ) и DC LUTn ( $L_{dc}$ ) при:  $a - m = 8$ ,  $б - m = 16$

**Заключение.** Таким образом, выполненное моделирование подтверждает возможность создания ЛЭ, ориентированных на реализацию систем логических функций. Использование предлагаемого ЛЭ DC

LUT<sub>n</sub> позволяет получить выигрыш в сложности относительно (*m*) LUT порядка 30 % и даже более, что может привести к сокращению энергопотребления и к повышению вероятности безотказной работы LUT при реализации систем логических функций. Целесообразно в дальнейшем рассмотреть вопросы эффективного сочетания ЛЭ двух типов LUT и DC LUT в ПЛИС FPGA для различных параметров систем функций.

### Библиографический список

1. Цыбин С. Программируемая коммутация ПЛИС: взгляд изнутри. – URL: [http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010\\_11\\_56.php](http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php) (дата обращения: 12.11.12)
2. Tyurin S.F., Grekov A.V., Gromov O.A. The Principle of Recovery Logic Fpga for Critical Applications by Adapting to Failures of Logic Elements. World Applied Sciences Journal. – 2013. – № 3. – Vol. 26. – P. 328–332.
3. Тюрин С.Ф., Громов О.А.. Алгоритм поиска остаточного базиса отказоустойчивых программируемых логических интегральных схем // Электротехника. – 2013. – № 11. – С. 52–59.
4. Адаптация FPGA до відмови логіки / С.Ф. Тюрін, О.А. Громов, А.В. Греков, І.С. Понуровскій // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2013. – № 1(60). – С. 177–182.
5. NI Multisim. – URL: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-98/lang/ru/> (дата обращения: 27.12.2013).
6. Тюрин С.Ф., Морозов А.Н. Отказоустойчивая ячейка памяти с использованием функционально-полных толерантных элементов // Вестник Пермского университета. Сер.: Математика. Механика. Информатика. – 2012. – № 4. – С. 68–75.
7. Тюрин С.Ф., Сулейманов А.А., Городилов А.Ю. Системный синтез отказоустойчивых цифровых схем в функционально-полном толерантном базисе // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – №11. – С. 82–88.
8. Тюрин С.Ф., Сулейманов А.А., Городилов А.Ю. Отрицание дешифратора // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – № 11. – С. 59–63.
9. Городилов А.Ю., Понуровскій І.С., Тюрін С.Ф. Повышение отказоустойчивости FPGA путём реконфигурации работоспособных элементов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2013. – № 1(60). – С. 172–176.
10. Тюрин С.Ф., Понуровский И.С. Логический элемент ПЛИС FPGA для реализации ДНФ // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 095–098.

## АНАЛИЗ СТРОГОСАМОСИНХРОННОГО ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПОЛНОГО ТОЛЕРАНТНОГО ЭЛЕМЕНТА С ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫМ ИНДИКАТОРОМ

**Студентка гр. АТ-12-4м ПНИПУ А.Ю. Плотникова**

Научный руководитель – заслуженный изобретатель РФ,  
д-р техн. наук, профессор кафедры АТ ПНИПУ С.Ф. Тюрин

Задача развития отечественной элементной базы является одним из ключевых направлений в развитии отрасли. Важно обеспечить независимость российского рынка программно-аппаратных устройств от зарубежных поставщиков цифровых микросхем. Кроме этого необходимо развивать элементную базу для весьма перспективных, но мало развитых методик проектирования самосинхронных схем. Говоря о самосинхронных схемах, нельзя не упомянуть о группе ученых из ИПИ РАН, которые продолжают работу профессора, доктора технических наук В.И. Варшавского в области апериодических автоматов. Большая часть элементной базы для создания строго самосинхронных схем была запатентована в ИПИ РАН.

Результатом их работы стало создание самосинхронного микроядра, которое обладает на 50 % лучшим быстродействием, нежели синхронный аналог. Для построения отказоустойчивой цифровой аппаратуры предлагается строгосамосинхронный функционально-полный толерантный элемент (СС ФПТ). СС ФПТ-базис должен позволить увеличить быстродействие и предположительно уменьшить энергопотребление.

СС ФПТ-базис строится по технологии NCL-логики (NULL Conversion Logic), разработанной специалистами компании *Theseus Research, Inc.* NCL-логика означает, что передача информации разделяется третьим состоянием – NULL. В строгосамосинхронных схемах используется непосредственное определение момента окончания переходных процессов. Для этого используется прием, который в англоязычной литературе именуется Dual Rail, – для передачи каждого бита информации используются две физические линии (рис. 1). Также возможна реализация с одним физическим каналом\*.

---

\* Статья в англоязычной википедии. C-element [Электронный ресурс]. – URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/C-element>

На рис. 1 приняты обозначения для:  $1$  – основной канал, функция  $\overline{x_1 x_2 \vee x_3 x_4}$ ,  $2$  – инверсный канал, функция  $x_1 x_2 \vee x_3 x_4$ ,  $3$  – индикатор, функция  $I = \overline{f_1 \wedge f_2}$ . Состояние NULL достигается, когда на всех входах элементов 1–2 устанавливается логический ноль.

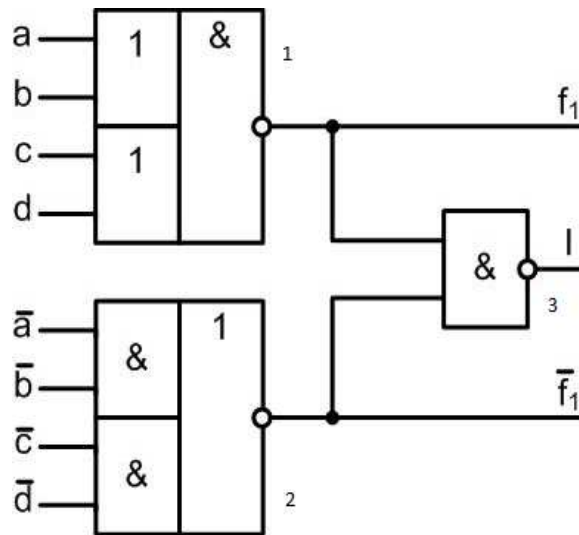


Рис. 1. Схема электрическая функциональная Dual-rail реализации функционально-полного толерантного элемента

Общая временная диаграмма работы строгосамосинхронной схемы представлена на рис. 2.

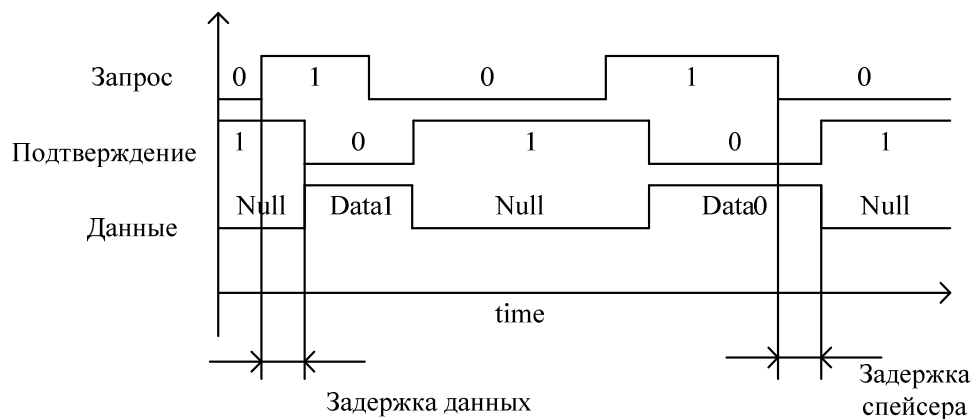


Рис. 2. Временная диаграмма переходов в строго самосинхронных схемах

Анализируя рис. 2, видно, что полная задержка строгосамосинхронной схемы складывается из задержки данных и задержки спейсера (NULL). В данные промежутки схема не может принимать новые данные.



Предлагается следующая модель работы СС ФПТ-элемента:

1. Блок спейсера (NULL) получает на вход набор  $[S, a, b, c, d, \bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}]$  и передает необходимый набор  $[X_1 \dots X_8]$  схеме и индикатору входов;

2. Комбинационная схема вычисляет значение  $F(X_1 \dots X_8)$  и передает его на выход схемы и общему индикатору;

3. Общий индикатор формирует, в зависимости от состояний индикаторов входов и выходов, сигнал подтверждения I;

4. Индикатор входов должен различать рабочие состояние и спейсер, наборы [00] и [10], [01], для этого предлагается использовать элементы 2ИЛИ-НЕ.

5. Индикатор выходов должен различать состояния [11] и [01], [10], для этого предлагается использовать элемент 2-И.

На рис. 3 представлена схема предлагаемой модели.

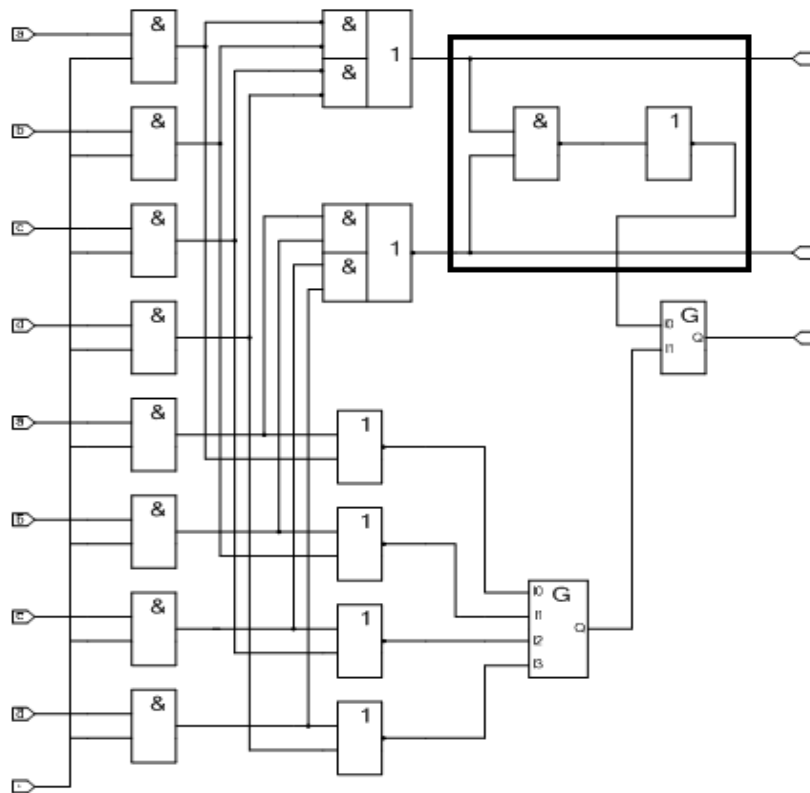


Рис. 3. Схема электрическая функциональная строго самосинхронного функционально-полного толерантного элемента

Далее, для исследования, происходит замена выделенного блока (общего индикатора) на ФПТ-элемент и на усовершенствованный ФПТ-элемент, что позволит повысить отказоустойчивость схемы.

Выделенный блок реализует элемент 2И-НЕ с последующей инверсией. ФПТ-элемент реализует следующую функцию:

$$F = \overline{x_1 x_2} \vee \overline{x_3 x_4} = (\overline{x_1} \vee \overline{x_2})(\overline{x_3} \vee \overline{x_4}). \quad (1)$$

Формула (1) описывает элемент 2ИЛИ-2И-НЕ, для того чтобы на основе данного выражения получить элемент 2И-НЕ, на вход  $\overline{x_3}$  нужно подать  $\overline{x_1}$ , а на  $\overline{x_4}$  подать  $\overline{x_2}$ . В результате получена формула описывающая элемент 2И-НЕ на базе ФПТ-элемента. Для того чтобы получить инвертор на базе ФПТ-элемента, необходимо все входы элемента объединить.

Усовершенствованный ФПТ-элемент описывает элемент 4ИЛИ-2И-НЕ, имеющий следующую формулу:

$$F = \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \vee \overline{x_5 x_6 x_7 x_8} = (\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee \overline{x_3} \vee \overline{x_4})(\overline{x_5} \vee \overline{x_6} \vee \overline{x_7} \vee \overline{x_8}). \quad (2)$$

Реализация элемента 2И-НЕ происходит таким же методом, как и из ФПТ-элемента.

Синтез полученных схем будет произведен в NI Multisim, – с помощью данного приложения можно оценить энергопотребление и характеристики задержки.

Данные моделирования продемонстрированы на графиках, показанных на рис. 4, 5.

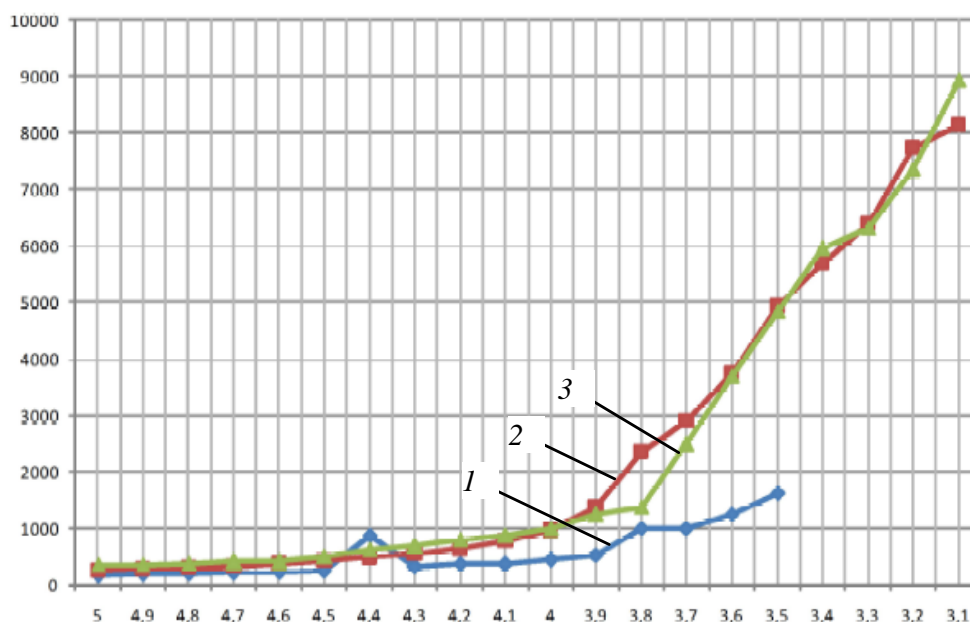


Рис. 4. График зависимости времени появления первого подтверждения от напряжения питания: 1 – исходная схема; 2 – схема с общим индикатором на базе ФПТ-элемента; 3 – схема с общим индикатором на базе усовершенствованного ФПТ-элемента

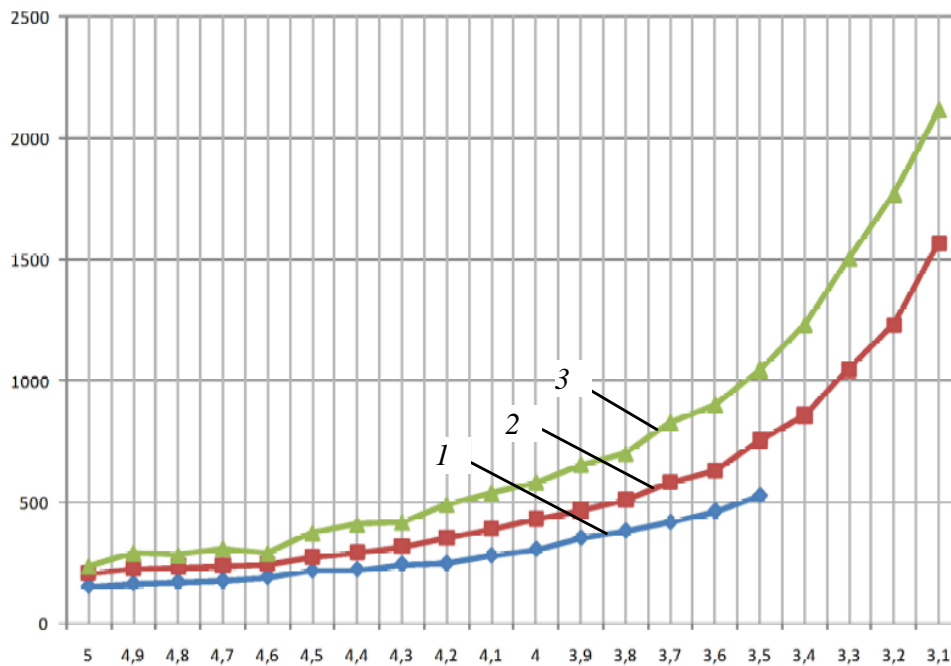


Рис. 5. График зависимости периода задержки сигнала от напряжения питания:  
 1 – исходная схема; 2 – схема с общим индикатором на базе ФПТ-элемента;  
 3 – схема с общим индикатором на базе усовершенствованного ФПТ-элемента

Таким образом, исследование доказало, что предлагаемая замена блока 2И на ФПТ-элементы позволит повысить отказоустойчивость схемы. Хотя увеличивается отказоустойчивость работы, но происходит некоторое снижение быстродействия схемы, что прослеживается на представленных графиках. Расчёты показали, что замена элемента 2И на ФПТ-элемент привела к уменьшению быстродействия на 5 %, а при замене на усовершенствованный ФПТ-элемент – быстродействие уменьшилось на 7 %.

## **СИСТЕМА ЗАЩИТЫ КОНТЕНТА В СЕТЯХ *OVER THE TOP* (OTT)**

**Студент гр. ТК1-13-1м ПНИПУ Б.Ю. Харин**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ *В.И. Фрейман*

При решении задачи проектирования инфокоммуникационных сетей кроме выбора аппаратно-программной платформы необходимо решать целый комплекс задач. Одной из основных проблем является защита информации, которая предоставляется пользователям. Настоящая работа посвящена подходам к решению вопросов защиты контента в получающих все более широкое распространение сетях интерактивного телевидения.

На сегодняшний день имеется много различных технологий, которые используются для интерактивного телевидения. Название «интерактивное телевидение» появилось в результате перехода от традиционного телевидения к телевидению с расширенными возможностями, с возможностью выбора желаемого видеоконтента.

Такое телевидение включает в себя не только просмотр фильмов и телепередач, но и музыку, караоке, новости, погоду, онлайн-магазин, игры и многое другое. Все эти возможности могут быть включены в гибридной телевизионной приставке. Самым большим дисплеем в квартирах все еще остается телевизор, инновации в этой области привлекут еще больше зрителей и пользователей к экранам, даже при постоянно растущей популярности услуг Интернета.

Используя сеть Интернет по протоколу IP, можно предоставить любые интерактивные сервисы. Но в такой сети имеются большие задержки, проблемы с перегрузкой сети, неэффективное использование пропускной способности. Ранее считали, что передача видео- и аудиотрафика по сетям IP невозможна, но появилось множество инженерных решений, с помощью которых можно обеспечить передачу трафика реального времени с минимальной (заданной) задержкой и максимальным (требуемым) качеством. В работе рассмотрены технологии OTT (*Over the Top*) и CDN (*Content Delivery Network*). Данные системы из проведенного анализа могут обеспечить максимальное качество для предоставления по IP-сетям видеоконтента высокого разрешения: HD, Full HD, а также 4K.

Технология OTT (Over the Top, от англ. «поверх») представляет собой технологию доставки контента на любое мультимедиаустройство (компьютер, TV-приставку, планшет, мобильный телефон) через Интернет, используя HTTP-протокол [1]. Для увеличения надежности и качества доставки контента рационально использовать систему кеширующих серверов (Sub-server) к географически удаленным от главного сервера (Prime-server). Эффективность такого решения будет высокой, распределенная сеть серверов с копией популярного видеоконтента будет предоставлять услугу абонентам на высокой скорости и с минимальными задержками. *Management server* – комплекс технологического программного обеспечения для осуществления взаимодействия между серверами распределения контента, а также приложениями, системами, компонентами сети OTT. *Subscriber server* непосредственно взаимодействует с абонентскими устройствами по протоколу http с целью аутентификации, авторизации, передачи данных о контенте, а также выполняет другие сервисные функции [2] (рис. 1).

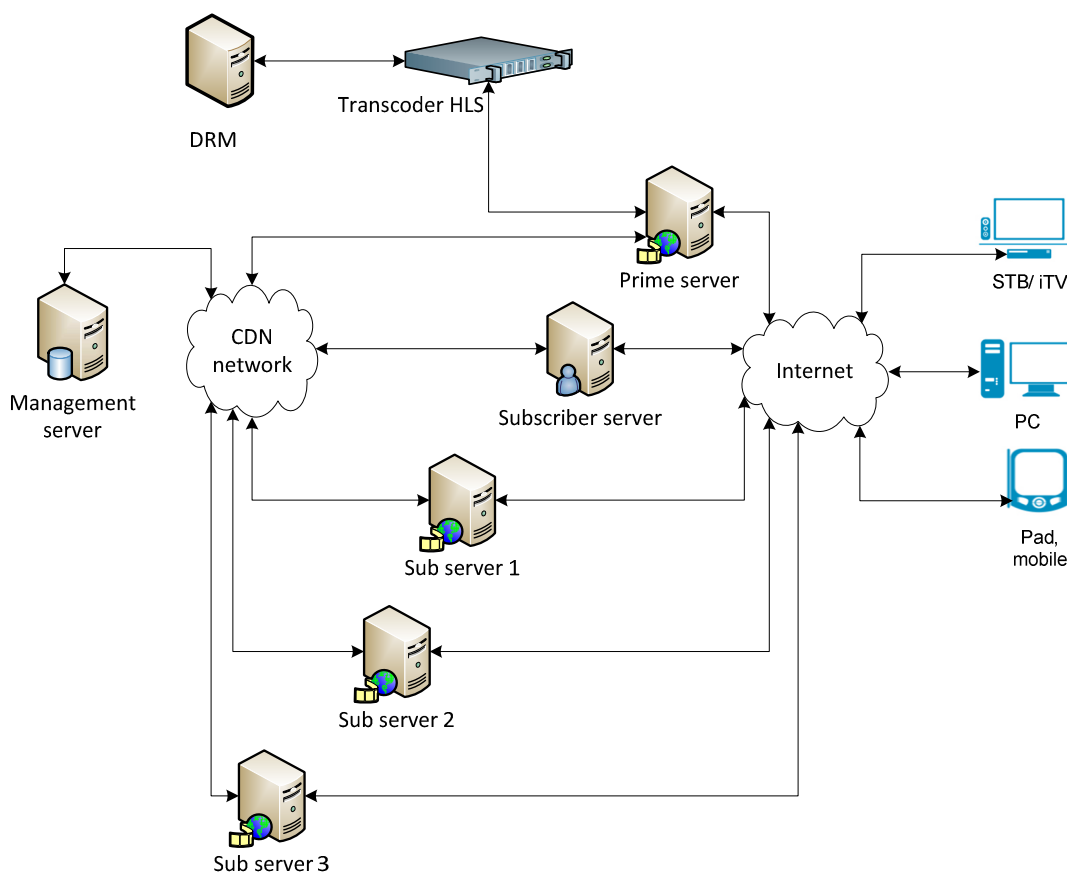


Рис. 1. Схема организации OTT-сервисов

Для решения вопроса защиты контента применяются технологии шифрования. Наибольшее распространение в настоящее время получила система *Digital Rights Management* (DRM). Еще есть технология системы условного доступа *Conditional Access System* (CAS), которая чаще всего используется в традиционном цифровом телевидении, требует применения смарт-карты. Но при работе с контентом происходит быстрое обновление системы и защита от копирования контента за счет наличия обратной связи между абонентскими устройствами и платформой предоставления услуг. Использовать систему CAS не очень удобно.

Система шифрования DRM состоит из трех частей:

1. Сервис шифрации контента (сервер) – выполняет предварительную шифрацию контента для распространения по открытым каналам (интернет) только в защищенном виде. В большинстве решений используется AES-128 – алгоритм для генерации ключей в HLS-кодировании [3].

2. Сервис выдачи лицензий (сервер) – принимает решение о выдаче (или невыдаче) ключа на дешифрацию видеоконтента в соответствии с бизнес-логикой (правилами распространения контента). Проверяются наличие активной оплаты или достаточность денежных средств у зрителя. В большинстве случаев это сервер приложений (например, на базе Java). Компонент создает лицензии (права на просмотр конкретного контента на определенное время) для ТВ-приставок и программных клиентов. Лицензия содержит ключ контента, а также правила пользования и метаданные.

3. Набор программных библиотек (SDK) – для работы с защищенным контентом в видеоплеере. Интегрирует логику взаимодействия с сервисом выдачи лицензий в видеоплеер, а также осуществляет дешифрацию видеоконтента перед его воспроизведением. Также в SDK реализуются средства дополнительной защиты: контроль доступа к памяти видеоплеера, защита аналоговых и цифровых выходов, детектирование попыток взлома, ставится запрет записи на диск или мобильные устройства.

На рис. 2 показаны основные логические модули и связь между ними.

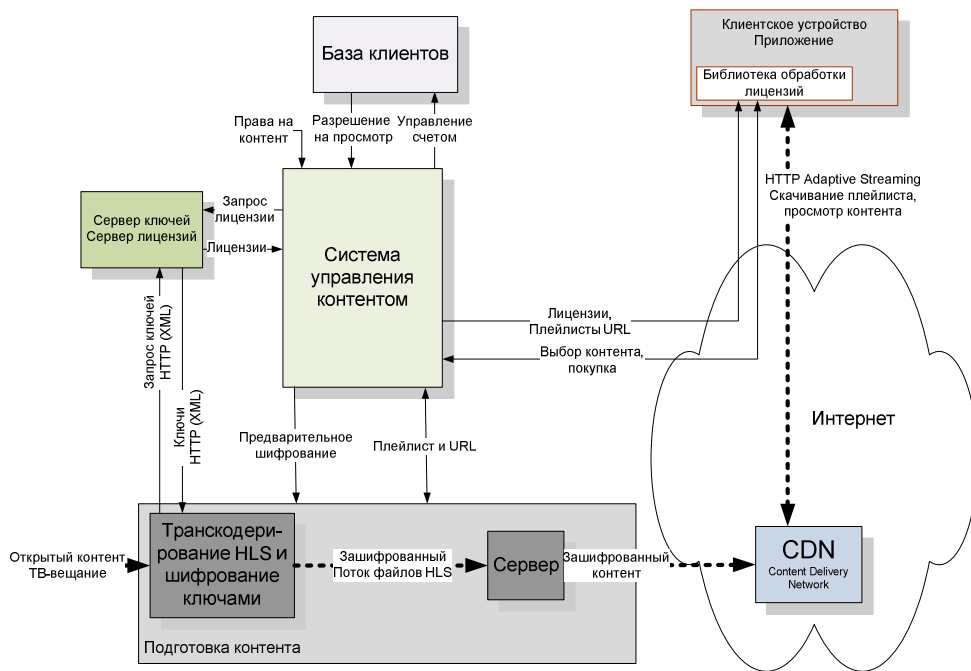


Рис. 2. Функциональная схема

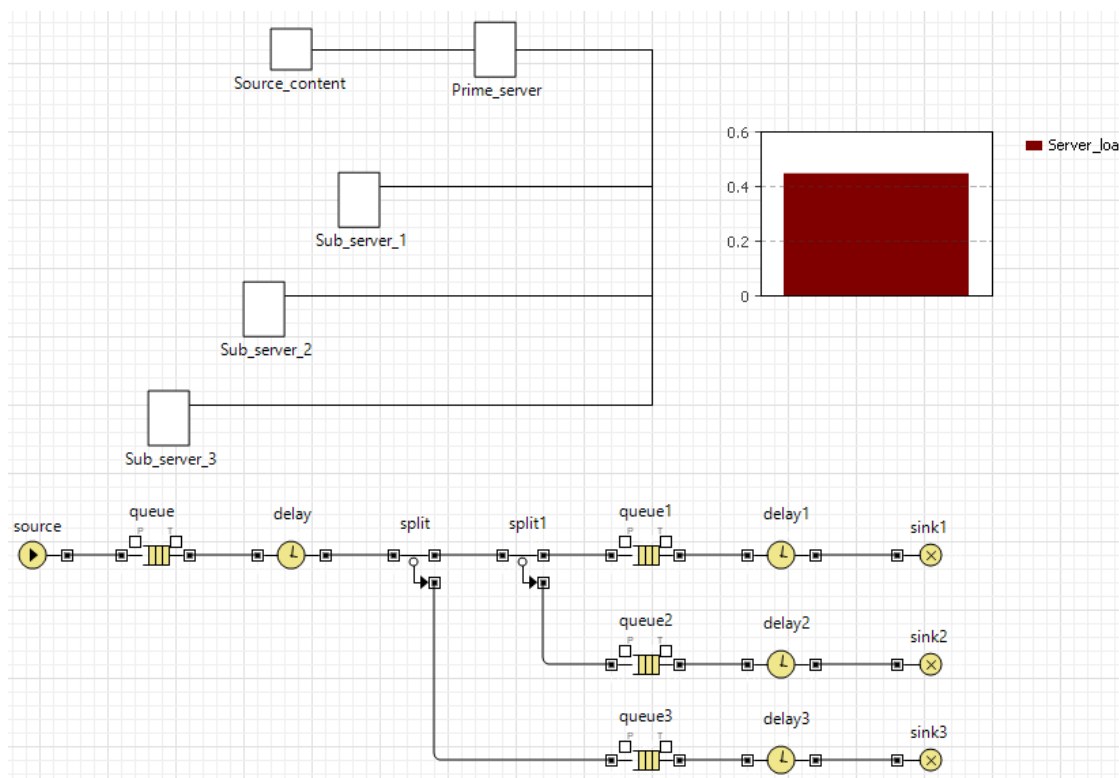


Рис. 3. Моделирование сети CDN

Заинтересовавшись процессами, которые выполняются для предоставления контента пользователю, я начал постоение моделей в системе моделирования *AnyLogic*. Сначала можно моделировать

процессы доставки контента в сети CDN. В роли сервера используется стандартная методика систем массового обслуживания (СМО). Ниже представлена примитивная схема распределения контента (в виде заявок) от Prime-сервера к Sub-серверам (рис. 3).

Один и тот же контент будут получать еще больше устройств. Транскодер выполняет функции преобразования видеопотока от различных источников в защищенный поток HLS, используется система шифрования DRM. Начальная модель представлена на рис. 4.

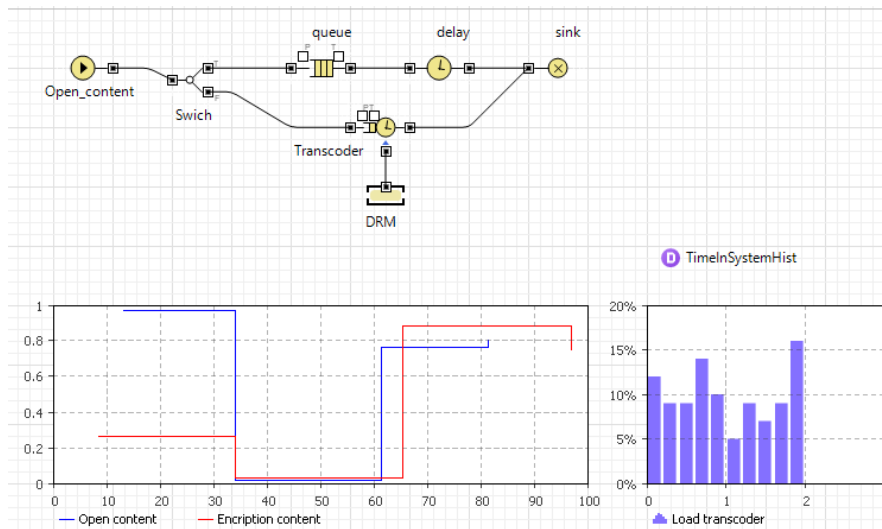


Рис. 4. Моделирование работы транскодирования

В настоящей работе были рассмотрены и проанализированы технологии построения сетей интерактивного телевидения. На основании изученных источников был проведен сравнительный анализ, рассмотрены достоинства, целесообразность и область применения. В рамках научной работы продемонстрированы подходы к моделированию и исследованию сетей технологии OTT.

### Библиографический список

1. Мартьянов М., Труфанов А., Петелина А. // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. – 2012. – № 5.
2. Niven-Jenkins Velocix (Alcatel-Lucent) B., Le Faucheur F., Cisco, Bitar N. RFC 6707 – Content Distribution Network Interconnection (CDNI) // Problem Statement. – September 2012.
3. Apostolopoulos J., Tan W., Wee S. Video Streaming: Concepts, Algorithms, and Systems, Mobile and Media Systems Laboratory HP Laboratories Palo Alto, HPL-2002-260. – 2002.



# ИССЛЕДОВАНИЕ КАНАЛОВ С ПАМЯТЬЮ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ *MATLAB*

Студент гр. ТК-12м ПНИПУ А.П. Пирожков,  
Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук,  
кафедры АТ ПНИПУ В.И. Фрейман

Вопросы построения и анализа моделей подробно рассмотрены в соответствующих монографиях, а также в доступной студентам учебно-методической литературе [1]. Однако для лучшего понимания необходимо дополнить теоретический курс циклом практических и лабораторных работ, направленных на самостоятельное выполнение расчетных и исследовательских заданий.

В данной статье рассматривается реализация лабораторной работы по исследованию модели дискретного канала связи с памятью (модели Гильберта, Гильберта–Эллиота и Пуртова), выполненной в среде моделирования *MatLab* [2].

**1. Дискретный канал с памятью, описываемый моделями Гильберта, Гильберта–Эллиота и Пуртова.** Введем ряд понятий (сущностей), определений и обозначений [1].

*Множество состояний канала с памятью* (КСП) – характеризует конечное множество состояний, в которых может находиться КСП. Обозначим через  $R$  – мощность этого множества. Например,  $R = 2$  означает, что КСП может находиться в двух состояниях:  $G$  («good – хорошее») и  $B$  («bad – плохое»). Если параметр  $R = 3$ , то КСП может находиться в трех состояниях:  $\{G, GB, B\}$  и т.д. В общем случае обозначим состояния КСП через переменную  $S$ , которая может принимать  $R$  значений.

Введем понятие *память канала* глубиной  $l$ , которое означает, что существует статистическая связь между текущим состоянием канала  $S_o$  и  $l$  предшествующими состояниями канала.

Прежде чем описать модели каналов с памятью, введем понятие, характерное для симметричных двоичных дискретных каналов с памятью, – *пакет ошибок* длиной  $b$ . Это вектор ошибок длиной  $b$ , первая и последняя компоненты которого всегда равны единице. Число единиц и нулей внутри пакета распределяется произвольно, но при этом число подряд идущих нулей должно быть меньше некоторого числа  $b_3$ , называемого защитным интервалом.

**Пример.** Пусть дан некоторый поток ошибок: ....

00001001011010 001001 0001000101000....

$b = 9$        $b = 4$     $b = 1$     $b = 3$

Пусть  $b_3 = 3$ , тогда в данном потоке ошибок можно выделить 4 пакета с длинами соответственно 9, 4, 1 и 3.

Модель Гильберта является исторически первой моделью канала с памятью [3]. Это трехпараметрическая модель, описывающая ДСДКП (дискретный симметричный двоичный канал с памятью) с глубиной памяти  $l = 1$ . В основе модели – элементарная цепь Маркова, выделяющая два состояния канала ( $R = 2$ ): «хорошее состояние» ( $G$ ), в котором ошибки не возникают и «плохое состояние» ( $B$ ), в котором вероятность ошибки в одном разряде составляет  $p_e$ . Граф марковской цепи показан на рис. 1. Модель Гильберта может быть рассмотрена как частный случай схемы М для  $N = 2$ ,  $\epsilon_0 = 0$ ,  $\epsilon_1 = \epsilon$ .

Модель Гильберта–Эллиота в отличие от предыдущей модели является четырехпараметрической моделью ДСДКП с глубиной памяти  $l = 1$  и числом состояний канала  $R = 2$ . В отличие от предыдущей модели в данной модели допускается появление ошибок как в «хорошем» ( $G$ ), так и в «плохом» ( $B$ ) состоянии канала соответственно с вероятностями  $p_{\epsilon 0}$  и  $p_{\epsilon 1}$ .

Модель ДСДКП, предложенная Л.П. Пуртовым, является многопараметрической и достаточно сложной. Модель представляет собой наиболее часто используемый в инженерных расчетах способ частичного описания потока ошибок с помощью двух параметров:  $p$  – вероятности ошибки в двоичном символе и  $\alpha$  – показателя/коэффициента группирования ошибок.

**2. Разработка методического и программного обеспечения лабораторной работы.** В качестве среды для моделирования алгоритмов была выбрана среда *MatLab* как среда, широко используемая при обучении в технических сферах. Программа дает возможность наглядно увидеть результаты вычисления различных параметров последовательности, которые ее характеризуют по любым из трех моделей: длина последовательности, количество ошибок, количество пакетов, вероятность ошибок, коэффициент пакетирования и др. Данная программа позволяет проводить анализ по уже заданной в ней последовательности, а также по последовательностям, сгенерированным случайным образом, имитирующим канал с независимыми и пакетирующимися ошибками, которые студент может выбрать самостоятельно.



```

1
2 - clear all;
3 - d1=3; %%%%%%%%% ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ИНТЕРВАЛА
4 - d12=3; %%%%%%%%% ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕРВАЛА ВХОЖДЕНИЯ В ПЛОХОЕ СОСТОЯНИЕ
5 -                                     % (ГИЛЬБЕРТ ЭЛЛИОТ)
6
7 - model=3; %1 Гильберта
8 -          %2 Гильберта Эллиота
9 -          %3Пуртова (в разработке)
10
11
12 - vybor=1; %1 Вручную
13 -          %2 - Нормальный закон распределения
14 -          %3 - Пакерирующиеся ошибки
15
16
17 - N1 = 70; %%%%%%%%% ВВЕДИТЕ ДЛИНУ СТРОКИ
18
19 - m= 0 %МАТ ОЖИДАНИЕ
20 - s= 0.6
21 - %СИГМА
22 - ge=0.1 %коэффициент для расчета вероятности при
23 -          %количестве пакетов и их длины при пакетирующихся ошибках
24 -          % оптимальное значение - 0.1
25
26 - if vybor==1
27 -     a='11100010010';|
28 -     .....

```

Рис. 2. Интерфейс программы расчета канала с памятью по модели Гильберта, Гильберта–Эллиота, Пуртова

Лабораторная работа, которая будет разработана на основе этой программы, будет идти в комплексе с практическими занятиями по теме «Исследование двоичных каналов с памятью». В ходе практических занятий студент получает задание, в результате которого ему необходимо рассчитать самостоятельно на одной из моделей, описывающих данный канал, некоторую последовательность потока ошибок и предоставить результаты преподавателю. При успешной сдаче данного задания студент допускается к выполнению лабораторной работы, в ходе которой студент анализирует данные, полученные при различных условиях (тип канала, коэффициент ошибок и т.д.), и сводит результаты в таблицу, получая наглядную форму представления данных. Выводом по анализу результатов является выбор модели, которая наиболее адекватно описывает канал связи для заданной последовательности.

В процессе лабораторной работы студент получает практические навыки как расчета модели канала с памятью (вручную рассчитав

необходимые параметры самостоятельно на примере заданной преподавателем последовательности), так и анализа случайно сгенерированных последовательностей на основе различных законов распределения. Также предполагается дополнение функциональности данной программы, например, иллюстрации данных с помощью графиков и т.д. Это позволит улучшить восприятие студентами рассматриваемых сложных теоретических и практических вопросов.

### **Библиографический список**

1. Кон Е.Л., Фрейман В.И. Теория электрической связи. Помехоустойчивая передача данных в информационно-управляющих системах: модели, алгоритмы, структуры. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 317 с.

2. URL: <http://lib2.podelise.ru/docs/774/index-128529-1.html?page=4> (дата обращения: 28.10.2013).

3. Пирожков А.П., Фрейман В.И. Исследование каналов с памятью, описываемых моделью Пуртова, с использованием среды моделирования MatLab // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (Innotech – 2013): материалы V Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов, студентов; 1 ноября 2013 г. – 30 ноября 2013 г. – Пермь, 2013.

4. Фрейман В.И., Пирожков А.П. Исследование эффективного кодирования в системах передачи и хранения информации // Научные исследования и инновации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – Т. 6, № 1. – С. 217–225.

## ОБЗОР РОБОТОВ ЯПОНИИ

Студент гр. УМ-12-9 Пермского политехнического  
колледжа им. Н.Г. Славянова И.Д. Старков

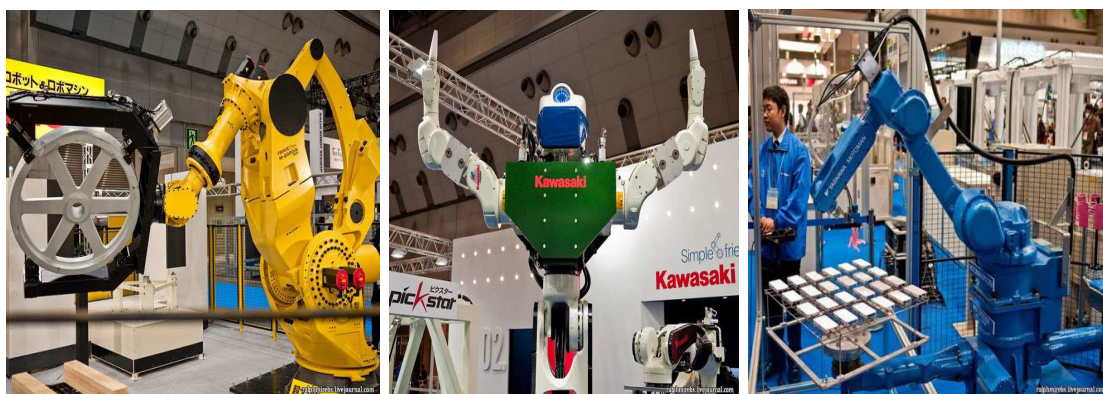
Научный руководитель – старший преподаватель  
кафедры ИТАС ПНИПУ Ю.А. Слаутин

В своем докладе я хочу рассказать о новых и действующих роботах, которые уже созданы и служат людям в Японии.

В первой половине ноября в Токио в 2011 г. проходила Международная выставка роботов, на которой были представлены перспективные разработки и современные образцы робототехники из промышленной, бытовой и научной сфер.

Начнём с промышленных роботов, производимых множеством различных фирм, таких как *Kawasaki*, *Toshiba*, *FAUNC*, *Nachi* и др. Этот тип роботов считается одним из самых старых, и их назначение – производить различные рутинные операции по переносу предметов с места на место, сварке и резке деталей, окраске, сортировке и сборке.

Внешне такие роботы обычно выглядят как механическая рука, вращающаяся в различных направлениях с высокой скоростью. На конце руки закреплён «рабочий» орган, с помощью которого робот захватывает предметы или производит нужные операции. В качестве «глаз» у роботов выступает видеокамера, определяющая местоположение предметов, ориентацию их в пространстве, цвет и форму.



Есть роботы-помощники, например, это могут быть роботы-пылесосы и роботы-тележки. К примеру, эти два робота от компании *Daiwa House* могут самостоятельно перемещаться по офису, собирая пыль с полу или перевозя грузы между различными точками.





Роботов-андроидов можно смело выделять в отдельный класс, несмотря на то, что их назначение может быть самым различным, начиная от научных исследований и заканчивая развлекательными функциями. Робот-андроид внешним видом, способом передвижения и обращением с предметами должен походить на человека. Вот несколько образцов. Начнём с андроида-девушки по имени HRP-4C от научной группы *AIST*. Девушка обладает развитой мимикой лица, может танцевать и петь.

Другие представленные на выставке андроиды – это HRP-2 и HRP-4 от *Kawada Group*. Первый робот этой серии увидел свет ещё в 1997 г. Роботы умеют ходить, выполнять гимнастические упражнения, самостоятельно подниматься из лежачего положения, отслеживать заданную цель.



Кроме этих, много других интересных роботов были представлены в ноябре 2011 г.

А теперь мы посмотрим последние новинки Японии за 2014 г. Компания *Hitachi* разработала роботов-разведчиков для АЭС «Фукусима». Их разработали для обнаружения точек утечки радиоактивной воды и оценки состояния ядерного топлива в реактивной АЭС «Фукусима». А в больницах Японии испытывают роботов-поводырей.

Персонал японской больницы продемонстрировал нового робота, который должен заменить собаку-поводыря для слабовидящих людей. Один из сотрудников больницы испытал такого робота. Заводская «прошивка» робота содержит информацию о расположении стен и дверей административных и других зданий, поэтому позволяет избежать столкновения с ними и таким образом обеспечивает безопасное передвижение к месту назначения. Сотрудник больницы заявил, что он испытывал некоторую обеспокоенность в способности робота-поводыря, однако тот справился на «отлично». И еще одна из интересных разработок – это механический манипулятор для смартфона. Гаджет был разработан, чтобы облегчить работу с интеллектуальными устройствами.



Исходя из вышеизложенного, хочу сделать вывод. Да, можно долго описывать роботов, потому что их очень много в нашем мире появляется и не только в Японии. Они создаются для производства в целях облегчения физического труда, а также для его безопасности. Есть роботы для развлечения. В нашей стране они тоже есть, но пока их меньше, чем в Японии, которая нас все время удивляет своими новинками.

### **Библиографический список**

1. Материалы международной выставки роботов в Японии. – URL: [www.fresher.ru/2011/11/16/mezhdunarodnaya-vystavka-robotov-v-yaponii/](http://www.fresher.ru/2011/11/16/mezhdunarodnaya-vystavka-robotov-v-yaponii/)
2. URL: <http://animeweekend.ru/nauka/9082> (авт.: Н. Свежев) (дата обращения: 12.03.2014).



## **ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**Студент гр. ТК-12м ПНИПУ Д.Г. Чухрий**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ *А.А. Байдаров*

В современных системах одним из основных направлений деятельности, ориентированных на повышение эффективности ИТ-инфраструктуры, является применение технологий виртуализации.

Виртуализация – процесс представления набора вычислительных ресурсов, или их логического объединения, который даёт какие-либо преимущества перед оригинальной конфигурацией. Это новый «виртуальный» взгляд на ресурсы, не ограниченные реализацией, географическим положением или физической конфигурацией составных частей. Обычно виртуализированные ресурсы включают в себя вычислительные мощности, сетевое оборудование и хранилища данных [1, 2].

Основным средством виртуализации выступает платформа виртуализации, представляющая собой совокупность программных средств, обеспечивающих работу с виртуальными машинами, – гипервизоров и систем управления. Планирование виртуализированной инфраструктуры подразумевает выбор платформ, доступных на современном рынке, в соответствии с определенными требованиями. Таким образом, актуальными задачами становятся проведение сравнительного анализа и разработка методики выбора платформы виртуализации.

По результатам анализа наиболее распространенных на текущий момент платформ виртуализации (VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, Citrix XenServer), с выявлением их основных различий, были сформулированы следующие задачи, решение которых составляет основу этапа планирования виртуализированной инфраструктуры и, как результат, выбора платформ:

- определение видов предоставляемых услуг;
- выбор приложений для предоставления услуг;
- выбор гостевых операционных систем;
- расчет существующих и планируемых рабочих нагрузок на серверы;
- расчет необходимого числа ВМ;

- определение требований к резервированию и надежности системы.
- определение требований к оборудованию;
- выбор оборудования.

Процесс планирования выполняется в три основных этапа, графическое представление которых в соответствии с методологией IDEF0 представлено на рис. 1.

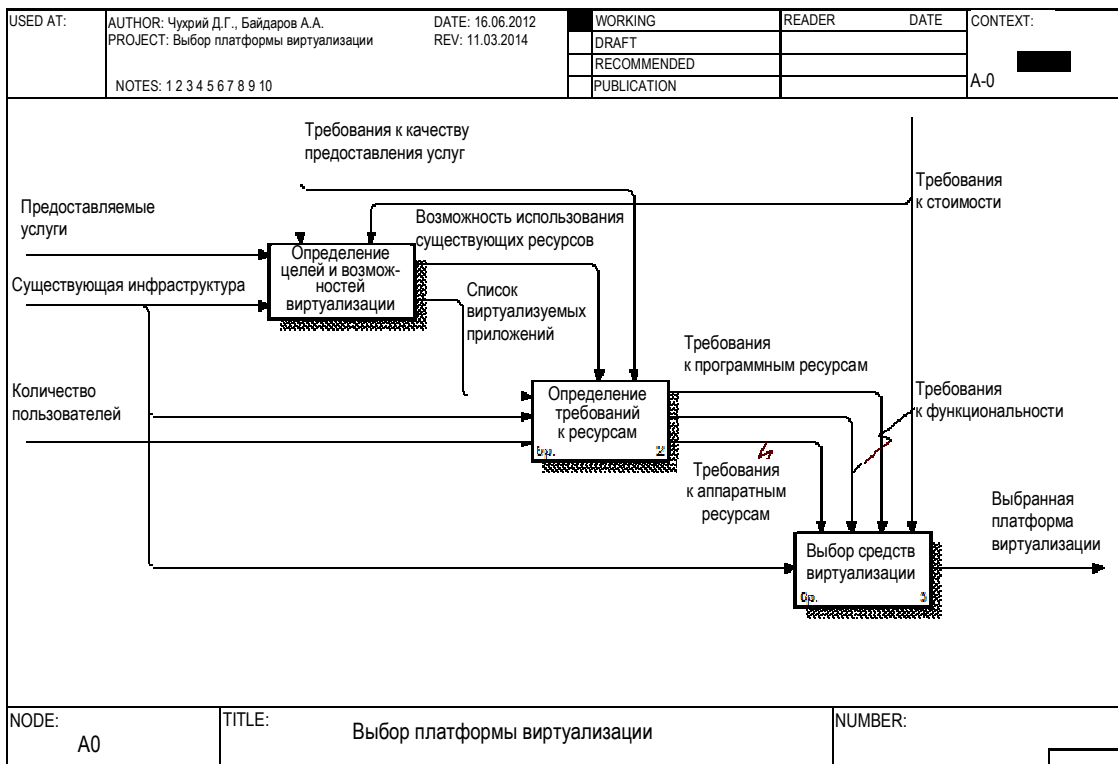


Рис. 1. Схема выбора платформы виртуализации

На первом этапе проводится анализ требований к качеству предоставляемых услуг, формулируются цели и определяются возможности виртуализации.

Типичные цели виртуализации включают в себя [3]:

- сокращение капитальных расходов (CAPEX);
- повышение эффективности обслуживания, маневренности и оперативных преимуществ (OPEX).

Основной задачей использования серверного программного и аппаратного обеспечения является предоставление услуг. Таким образом, одним из первых шагов планирования выступает анализ предоставляемых услуг. На основании проведенного анализа и сформулированных целей определяются приложения, которые требуется

перенести в виртуальное окружение. Прежде всего, необходимо выяснить, какие приложения поддерживаются центром обработки данных в настоящий период, а также их характеристики. Далее требуется оценить возможности и необходимость виртуализации этих приложений. Основываясь на рекомендациях ведущих вендоров [3, 4], для виртуализации выбираются следующие приложения:

- выполняющиеся на недостаточно загруженных физических серверах;
- нуждающиеся в балансировке нагрузки для выполнения требований к электропитанию или требований гарантированного доступа к системным ресурсам;
- от которых требуется продолжительная безотказная работа, которые могут выиграть при использовании функций высокой готовности и восстановления данных после аварий, предлагаемых многими программными средствами виртуализации.

По результатам исследований также были выделены группы приложений, которые не рекомендуется помещать в виртуализованное окружение:

- приложения, с развитой поддержкой многопоточной обработки данных, работающие на физических серверах с высоким уровнем загруженности;
- приложения, не подходящие для виртуализации по требованиям безопасности. В некоторых случаях приложения могут быть защищены аппаратными или программными средствами (например, электронными ключами или межсетевыми экранами), которые могут оказаться недоступными или неоптимизированными в виртуальной среде;
- мультимедийные приложения и приложения реального времени.

Недостатки виртуализации мультимедийных приложений обусловлены следующими причинами:

- во-первых, существует так называемая проблема реального времени, связанная с тем, что виртуальная машина не имеет доступа к аппаратным часам компьютера и время, рассчитываемое средствами гостевой операционной системы, может изменяться в зависимости от загруженности процессора;
- во-вторых, проведенные исследования на тестовом стенде показали, что использование виртуализации *Microsoft Hyper-V* влечет за

собой значительное снижение пропускной способности транспортного протокола UDP, что проиллюстрировано на рис. 2. В то время как среднее снижение пропускной способности для TCP при использовании виртуализации составило около 10 % по сравнению с физическим сервером, для UDP аналогичный показатель составил около 30 %.

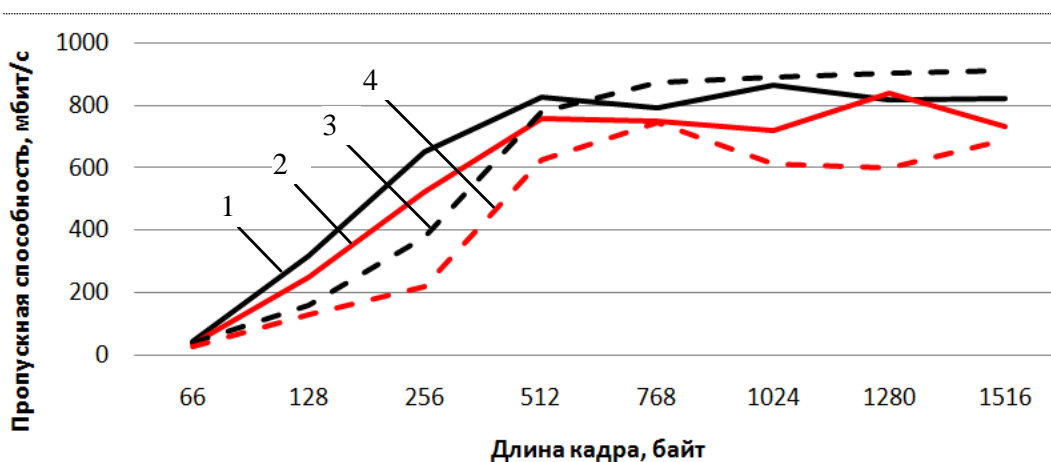


Рис. 2. Результат измерения пропускной способности для физического сервера и виртуальной машины *Microsoft Hyper-V*: 1 – физический сервер – TCP; 2 – виртуальная машина – TCP; 3 – физический сервер – UDP; 4 – виртуальная машина – UDP

На первом этапе также проводится изучение ресурсов имеющейся инфраструктуры, чтобы выяснить возможности использования ее преимуществ. Оценка инфраструктуры позволит определить, какое оборудование, какие сетевые ресурсы и системы хранения данных могут быть использованы или реструктурированы для виртуализации.

Результатом этапа является список виртуализуемых приложений и возможности использования существующих ресурсов, которые определяют базовые требования к платформе виртуализации.

На следующем этапе, на основании выбранных для виртуализации приложений, определяются типы используемых в виртуальной среде операционных систем. После этого определяются состав и число используемых виртуальных машин.

Далее для задания аппаратных требований необходимо определить предполагаемую рабочую нагрузку для каждого приложения и ВМ. Чтобы справиться с виртуализацией, хост-серверу обычно требуется вычислительная производительность, достаточная для работы всех рабочих нагрузок во всех запланированных виртуальных маши-

нах плюс накладные расходы (около 15 %). Для этого необходимо определить:

- какие рабочие нагрузки будут консолидированы;
- средний уровень использования рабочей нагрузки;
- максимальное ожидаемое использование рабочей нагрузки (цель заключается в прогнозировании максимума, чтобы производительность центра обработки данных не страдала при увеличении рабочей нагрузки) [3].

Далее определяются подходы к обеспечению надежности и резервному копированию виртуальных машин. Таким образом формулируются требования к функциональности платформы виртуализации.

На основании необходимого числа ВМ и расчетных значений рабочих нагрузок выполняется определение новых аппаратных требований с учетом необходимых для виртуализации вычислительных ресурсов и форм-фактора, поддерживаемых функций, предполагаемых моделей использования и обрабатываемых данных, а также подхода к резервному копированию виртуальных машин.

Результатом выполнения второго этапа выступают список требований к аппаратному и программному обеспечению, сформулированные подходы к резервному копированию и надежности системы, и, исходя из этого, требования к функциональности платформы.

На завершающем этапе проводится выбор используемых аппаратных и программных ресурсов с учетом сформированных на предыдущих этапах требований.

По результатам проведенного анализа существующей инфраструктуры, с учетом сформулированных требований к характеристикам и стоимости, определяются необходимость приобретения дополнительного оборудования, его состав и технические характеристики.

Процесс выбора оборудования тесно взаимосвязан с выбором гипервизора, так как требуется определить оптимальное соотношение между совместимыми аппаратными и программными ресурсами по показателям стоимости.

На заключительном шаге определяется состав средств управления, позволяющих реализовать управление инфраструктурой в соответствии с требованиями к функциональности платформы.

Для формализации процесса выбора ресурсов может быть составлена таблица сравнительных показателей по ключевым критериям, определенным на предыдущих этапах, а также проводится

тестирование соответствия производительности платформ предъявляемым требованиям на базе тестового стенда.

Таким образом, по результатам выполнения трех базовых этапов решаются основные задачи планирования инфраструктуры виртуализации и подготавливаются исходные данные для последующего проектирования.

В процессе исследований были рассмотрены наиболее распространенные на текущий момент платформы виртуализации и проведен их сравнительный анализ. Это позволило выявить основные различия и сформулировать подходы к выбору платформы виртуализации, составляющему основу этапа планирования виртуализованной инфраструктуры. Также было проведено исследование влияния виртуализации на сетевую производительность и сформулированы рекомендации по выбору приложений для переноса в виртуализованное окружение. Полученные результаты могут быть использованы предприятиями в процессе планирования виртуализованной инфраструктуры, а также в учебном процессе на кафедре автоматике и телемеханики ПНИПУ.

### **Библиографический список**

1. Байдаров А.А., Чухрий Д.Г. Построение интеллектуальных облачных систем на основе технологий виртуализации // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – № 11. – С. 42–46.

2. Байдаров А.А., Полещук А.Н., Чухрий Д.Г. Построение центра обработки данных на основе технологий виртуализации // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы краевой науч.-техн. конф.; 22 мая 2013 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – С. 156–162.

3 Хиремане Р. Внедрение технологии виртуализации / Корпорация Intel. – 2008. – 11 с. – URL: [https://ru.intel.com/business/community/pdf/08-364\\_Implement\\_Vir\\_WP\\_RU-1.pdf](https://ru.intel.com/business/community/pdf/08-364_Implement_Vir_WP_RU-1.pdf) (дата обращения: 10.03.2014).

4 Tulloch M. Understanding Microsoft virtualization solutions from the Desktop to the Datacenter. – Redmond: Microsoft Press, 2009. – 452 с.

# **ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ИНФОБЕЗОПАСНОЙ СЕТИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА С ФЕДЕРАЛЬНЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

**Студент гр. АТ-12-1м ПНИПУ А.А. Лоскутов**

Научные руководители: д-р техн. наук, профессор  
кафедры АТ ПНПУ А.А. Южаков, канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ А.А. Байдаров

В связи с выходом постановлений Правительства № 755 «О федеральной информационной системе обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования, и приема граждан в образовательные организации для получения среднего профессионального и высшего образования и региональных информационных системах обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования» и № 1035 «О федеральной информационной системе государственной научной аттестации» остро встала проблема создания инфобезопасной сети для образовательного учреждения, которое занимается обработкой персональных данных, приемом абитуриентов и размещением научной информации в информационных системах.

Для формирования и ведения федеральной и региональных информационных систем необходимо обеспечить следующие мероприятия:

1. Обеспечение технического функционирования информационных систем.

В этот пункт входит комплекс работ на поддержание:

- целостности информационной системы (возможность выполнения функций по обработке информации);
- устойчивости функционирования информационной системы (способность сохранять свою целостность при отказе части компонентов системы);
- безопасности информационной системы (противостояние попыткам несанкционированного доступа к техническим и программным средствам системы и преднамеренным дестабилизирующим внутренним или внешним информационным воздействиям).

2. Осуществление автоматизированной обработки информации в информационных системах.

Автоматизированная обработка информации в информационных системах предполагает использование средств автоматизации.

3. Обеспечение доступа к информации, содержащейся в информационных системах, в установленном порядке.

Лицам, имеющим право доступа к сведениям, выдаются средства электронной подписи.

4. Обеспечение защиты информации, содержащейся в информационных системах.

Данная задача должна решаться разработкой мер при проектировании и эксплуатации, направленных на выполнение требований к безопасности информационной системы.

5. Обеспечение взаимодействия информационных систем.

Должна выполняться совместимость протоколов взаимодействия и совместимость интерфейсов технических средств информационной системы.

**Создание модели инфобезопасной сети.** При создании модели инфобезопасной сети необходимо определить класс защищенности информационных систем.

С 1 сентября 2013 г. требования к защите информации, содержащейся в государственных информационных системах (ГИС), определяются Приказом ФСТЭК России от 11.02.2013 г. № 17 «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах».

Данный приказ определил 4 класса защищенности ГИС, устанавливаемых в зависимости от значимости обрабатываемой в ней информации и масштаба информационной системы (табл. 1).

Таблица 1

Четыре класса защищенности ГИС

Уровень значимости информации	Масштаб информационной системы		
	Федеральный	Региональный	Объектовый
УЗ 1	К1	К1	К1
УЗ 2	К1	К2	К2
УЗ 3	К2	К3	К3
УЗ 4	К3	К3	К4



Рассматриваемые нами федеральные информационные системы государственной итоговой аттестации (ФИС ГИА) и государственной научной аттестации (ФИГ ГНА) являются информационными системами I класса.

При создании и эксплуатации информационной системы класса I необходимо выполнять следующие пункты:

1) использовать средства межсетевое экранирования, сертифицированные Федеральной службой по техническому и экспортному контролю;

2) использовать источники бесперебойного питания;

3) обеспечить резервирование технических и программных средств;

4) использовать сертифицированные Федеральной службой безопасности Российской Федерации антивирусные средства и средства обнаружения иного вредоносного программного обеспечения в соответствии с порядком, определенным Федеральной службой безопасности Российской Федерации;

5) обеспечивать защиту от воздействий на технические и программные средства, в результате которых нарушается их функционирование, и защиту от несанкционированного доступа к помещениям, в которых размещены данные средства, с использованием технических средств охраны, предотвращающих или существенно затрудняющих проникновение в помещения посторонних лиц, при этом помещения должны быть оборудованы охранной системой видеонаблюдения;

б) осуществлять регистрацию действий обслуживающего персонала и аномальной активности пользователей;

7) расчетное значение коэффициента готовности, определяемое при проектировании, и эксплуатационное (оценочное) значение коэффициента готовности должны составлять не менее 0,99.

**Построение инфобезопасной сети.** При построении сети должны учитываться все требования, описанные выше. В связи с этим в статье предложено следующее решение для создания инфобезопасной сети образовательного учреждения, работающего с ФИС ГИА и ФИС ГНА.

**Техническое решение для защиты сети.** Схема организации защиты представлена на рис. 1.

Перечень основных технических средств и систем (ОТСС), входящих в состав автоматизированной системы (табл. 2).

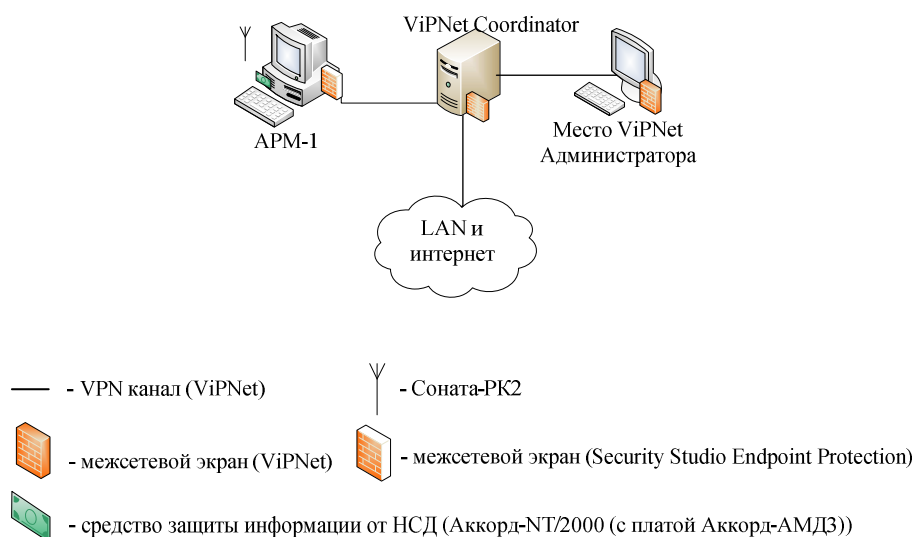


Рис. 1. Схема организации защиты

Таблица 2

### Перечень ОТСС

№ п/п	Тип ОТСС	Кол-во
1	Системный блок	2 шт.
2	Монитор	2 шт.
3	Клавиатура	2 шт.
4	Манипулятор «мышь»	2 шт.
5	Сервер IBM System X3550 M3 (ViPNet Coordinator)	2 шт.

Перечень средств защиты информации и ПО, установленных в автоматизированной системе (табл. 3, 4).

Таблица 3

### Перечень установленных средств защиты

№ п/п	Наименование и тип технического средства
1	Программно-аппаратный комплекс (ПАК) средство защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ от НСД) Аккорд-НТ/2000:
1.1	Программное обеспечение (ПО) Аккорд-НТ/2000
1.2	Аппаратный модуль доверенной загрузки Аккорд-АМД3
2	ПО Security Studio Endpoint Protection:
2.1	Security Studio Endpoint Protection Antivirus
2.2	Security Studio Endpoint Protection Firewall
2.3	Security Studio Endpoint Protection HIPS
3	ViPNet Coordinator
4	ViPNet Coordinator
5	Устройство комбинированной защиты объекта информатизации от утечки информации «Соната-ПК2»

Таблица 4

## Перечень установленного ПО

№ п/п	Наименование и тип программного средства
1	Операционная система Microsoft Windows 7 Professional SP1
2	Офисное ПО Microsoft Office 2010 Professional
3	Антивирус ESET NOD32 Endpoint 5
4	ПО «Абитуриент»

Для работы в информационной системе, которая осуществляет обработку персональных данных, её необходимо аттестовать в соответствии с требованиями, предъявляемыми законодательством Российской Федерации.

## ФОРМИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ *DICOM*

**Студент гр. АТ-12-1м ПНИПУ К.Б. Русиешвили**

Научные руководители: д-р техн. наук, профессор  
кафедры АТ ПНПУ А.А. Южаков, канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ А.А. Байдаров

Автоматизация является объективно необходимым условием технического прогресса и открывает значительные возможности для роста эффективности производства и любой сферы деятельности людей. В арсенале современной медицины есть немало эффективных диагностических средств, с помощью которых формируются медицинские данные, используемые при установке диагноза, последующем лечении и планировании терапии. При установке диагноза медицинские изображения, полученные в медицинском центре, обычно визуализируются и интерпретируются рентгенологом сразу после их получения перед тем, как передать их лечащему врачу (часто в виде рентгеновских снимков) для повторного рассмотрения. Эти два чтения снимка обычно происходят в разных кабинетах и, может быть, даже в разных зданиях. При последующем лечении в работу со снимками могут быть вовлечены и другие врачи, поскольку изображения, полученные в разное время, могли быть сделаны в разных радиологических центрах, и для их чтения могут потребоваться несколько врачей. Вследствие этого весьма актуальным становится вопрос автоматизации процессов деятельности соответствующих специалистов.

Проанализируем текущее состояние автоматизации типового рентгенокабинета на примере медицинского учреждения г. Перми. Рентгенокабинет включает в себя следующее оборудование:

1. Рентгеноаппарат *ORTHOPHOS-3*.
2. Комплекс рентгенодиагностический «Медикс-Р-Амико».
3. Томограф *Planmeca ProMax 3D* + программа панорамной съемки *SmartPan*.
4. Принтер *AGFA Dry Star 5300*.

При установлении диагноза и проведении лечения врачи все больше полагаются на мультимедийные данные, к которым относятся

рентгенограммы, УЗИ, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, томография на позитивном излучении и т.д. Поэтому к ним предъявляются высокие требования как к качеству, так и возможности эффективной обработки [2]. На выходе данного оборудования мы имеем изображение в формате *DICOM*, а также рентгенооборудование включает в себя АРМ, в котором предустановлены программы визуализации изображений *DICOM* («Аккорд» и «*Planmeca*»). Кроме того, рентгеноаппаратура и принтер *AGFA Dry Star 5300* имеют стандарт передачи медицинских изображений *DICOM 3.0*, для транспорта стандарт использует TCP-протокол, т.е. обычный сетевой обмен между компьютерами с помощью сетевых карт. Подключение компьютера и диагностического аппарата происходит посредством UTP кросс-кабеля, один конец которого вставлен в разъем RJ45 в аппарате, другой – в switch, который соединен с сетевыми картами АРМ. Следовательно, наличие в аппаратуре сетевых интерфейсов дает нам возможность подключить локальную сеть рентгенокабинета к локальной сети всего медицинского учреждения. Это позволит обмениваться информацией не только внутри своей локальной сети, но и с другими отделениями медицинского подразделения, а также эффективно взаимодействовать с крупными центрами российских учреждений и с единой государственной медицинской информационной системой (ЕГМИС), являющейся первым масштабным опытом государства в области информатизации медицины [1]. Также, изучив состав оборудования, можно сделать вывод, что текущее использование современного рентгенооборудования не затрагивает всех его возможностей. Поэтому можно с уверенностью сказать, что необходима система, которая могла бы эффективно хранить медицинские изображения и обмениваться ими внутри учреждения.

В качестве примера рассмотрим подключение комплекса *Planmeca ProMax 3D* к сети медицинского учреждения (рис. 1).

Для автоматизации процесса получения и обработки изображений было решено внедрить DICOM-сервер, включающий в себя сервер приложений и базу данных.

Для полного понимания принципа работы DICOM-сервера как одного из главных составляющих PACS (Picture Archiving and Communication Systems), в соответствии с трехуровневой архитектурой клиент-сервер был описан процесс эффективного использования сервера приложений и базы данных медицинских изображений в поликлинике

(рис. 2). При описании был использован стандарт IDEF0, представляющий собой одну из самых распространенных методологий функционального моделирования процессов и их графического описания.

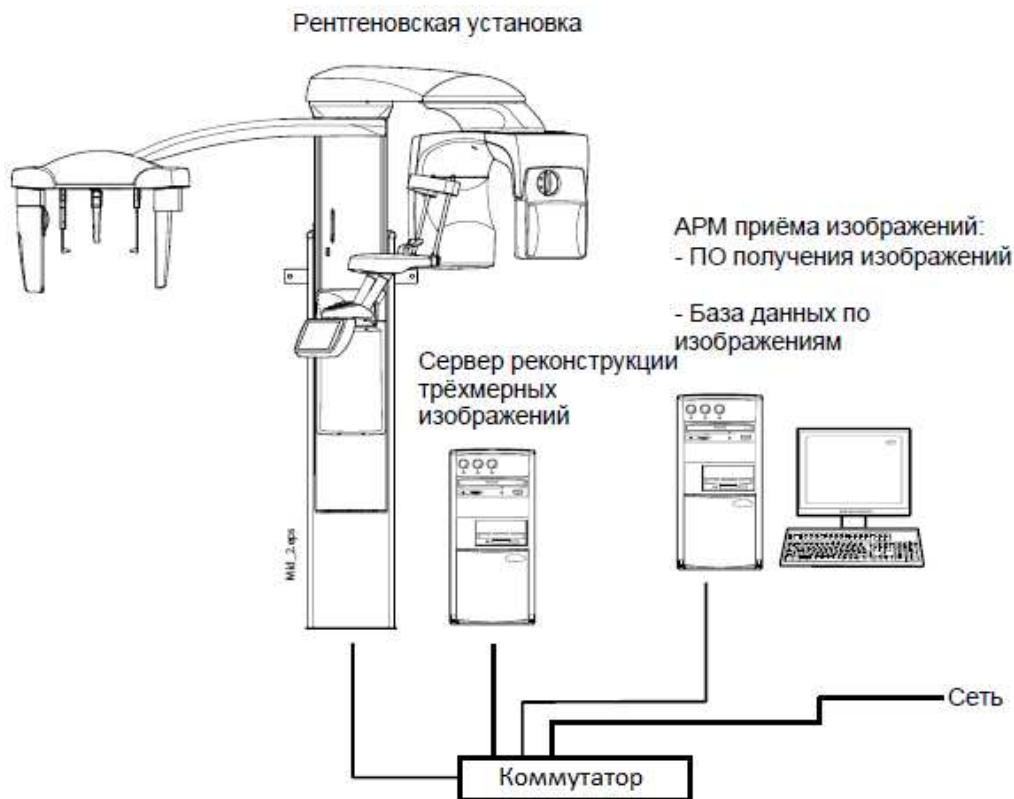


Рис. 1. Организация аппаратного комплекса *Planmeca ProMax 3D*

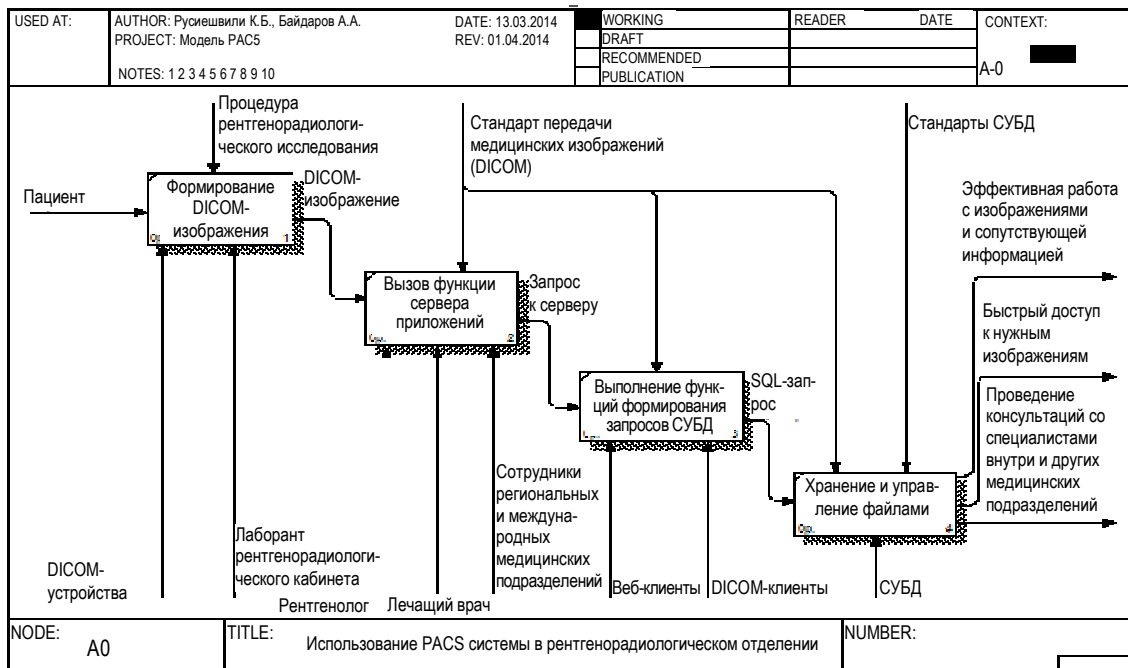


Рис. 2. Процесс использования PACS-системы в рентгенорадиологическом отделении

В качестве экспериментальной части исследовательской работы проанализируем существующие DICOM-приложения с открытым исходным кодом для развертывания на сервере. Наиболее популярные среди серверов это продукты *Ddcm4chee*, *DCMTK*, *CONQUEST* [3]. В ходе исследования была составлена сравнительная таблица этих приложений, рассмотрим наиболее важные характеристики и сервисы этих приложений в таблице.

Сравнение платформ для DICOM-сервера

Параметры	DCMTK	DCM4CHEE	CONQUEST
Документация	Комплексная	Не достаточная	Плохая
Надежность	Высокая	Высокая	Низкая
Язык программы	C/C++	Java, XML	C/C++
Расширяемость	Добавление SOP, требует изменения и компиляции исходного кода	Добавление SOP, не всегда требуется изменение исходного кода	Добавление SOP, требует изменения и компиляции исходного кода
Операционная система	UNIX, Linux, Windows	Кроссплатформенная	Windows, UNIX
Клиент/Сервер PACS-модель	Как сервер: состояние результатов обследования и их хранение	Обеспечивает полную поддержку	Как сервер: состояние результатов обследования и их хранение
Профили интеграции IHE (организация технологий интеграции в здравоохранении)	Ни одного	Несколько	Ни одного, но есть поддержка некоторых запросов HL7
DICOM-сервисы	Не поддерживает	Поддерживает	Не поддерживает
DICOM IOD (типы изображений)	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT	US, CT, MR, SC, DX, XA

Таким образом, в результате анализа понятно, что платформа *dcm4chee* представляет больший интерес для развертывания на DICOM-сервере, так как:

- есть возможность интегрировать ее с другими системами IHE;
- она обеспечивает полное соответствие PACS-модели, описанной в работе;
- есть поддержка сервисов *DICOM*.

В ходе исследования были проанализированы состав и организация оборудования типового рентгенокабинета, что дает нам уверенность утверждать, что проблема автоматизации сейчас актуальна и есть необходимость во внедрении DICOM-сервера. Также описан принцип работы DICOM-сервера в составе PACS-системы, ставший ключевым звеном в выборе DICOM-приложения для развертывания на сервере. Выбранное приложение дает нам возможность развернуть полнофункциональную PACS-систему. Вследствие этого была решена задача автоматизации процесса получения и обработки медицинских изображений. В результате работы была развернута PACS, которая, в свою очередь, дает следующие преимущества в деятельности медицинских специалистов:

- обеспечивает быстрый доступ к необходимым изображениям и работу с ними в реальном времени;
- обеспечивает эффективную обработку изображений, облегчающую их анализ и интерпретацию;
- дает возможность проведения оперативных консультаций и конференций со специалистами из других медицинских подразделений;
- дает возможность использования международных стандартов для представления изображений и сопутствующей информации в системе, чтобы обеспечить работу с изображениями и данными, полученными при различных обследованиях на разном диагностическом оборудовании.

### **Библиографический список**

1. Гусев А.В. Медицинские информационные системы: состояние, уровень использования и тенденции // Врач и информационные технологии. – 2011. – № 3. – С. 6–14.
2. Русишвили К.Б., Южаков А.А., Костарев А.Ф. Развертывание информационной RIS-системы на основе клиент-серверного приложения DCM4CHEE // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. – 2013. – С. 189–192.
3. Free medical imaging software. – URL: <http://www.idoimaging.com> (дата обращения: 14.05.2014).



## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КОММУТАТОРОВ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

**Студент гр. АТ-12-1м ПНИПУ А.В. Беляев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент  
кафедры АТ ПНИПУ *О.В. Гончаровский*

Небольшие инжиниринговые компании для изготовления электронных устройств собственной разработки используют контрактное производство. Как правило, это небольшие партии изделий, номенклатура которых быстро меняется. Принципиальным для деятельности таких компаний является снижение издержек на разработку и изготовление. Поэтому часто отказываются как от техники контролепригодного проектирования (DfT), вносящей в проект определенные свойства для существенного упрощения диагностирования, так и услуг по производственному тестированию на контрактном производстве. В таких компаниях актуальной является задача обеспечения собственными силами выпуска изделий, свободных от дефектов.

Дефекты можно разбить на три основных класса [1]:

1. Дефекты проекта: должны быть обнаружены в процессе тестирования проекта.

2. Производственные дефекты: производственный процесс сборки печатных плат не свободен от появления дефектов из-за особенностей используемого оборудования и технологического процесса.

3. Функциональные дефекты: связаны не с одиночным компонентом, а с блоком компонентов.

Цель **тестирования проекта** – проверка соответствия требованиям спецификации. Обычно инженер-схемотехник проверяет каждое свойство проекта по отдельности, а затем в соответствии с той или иной формой тестирует всю систему. Затем инженеры-программисты устраняют свои ошибки. Часто большая часть аппаратуры не может быть проверена без участия программного обеспечения, таким образом, валидация аппаратуры требует совместных усилий. Инженер обычно располагает несколькими неделями для тестирования проекта, годами – для его производства и поддержки.

Под валидацией понимают процесс подтверждения правильности проекта, к которому относятся:

1. Прогон модели (спецификации) – правильность декларируется только по отношению к реальным тестовым воздействиям, подаваемым окружением во время валидации.

2. Формальная верификация: математическое доказательство того, что определенные свойства спецификации истинны или что шаг по уточнению дает правильную реализацию относительно данной модели.

Формальная верификация включает (вычислительная сложность такого анализа очень высока):

1. Верификацию спецификации – проверку того, удовлетворяет ли проект некоторому абстрактному свойству. Может быть использована для верификации начальной функциональной спецификации системы.

2. Верификацию реализации – проверку того, правильна ли реализация модели верхнего уровня с помощью модели нижнего уровня после ряда уточняющих шагов.

Цель **производственного тестирования** – проверить, что каждая произведенная плата является такой же, как и плата «золотой эталон». Это тестирование отличается от тестирования проекта тем, что проект считается правильным. В идеале производственное тестирование должно быть быстрым с высокой степенью покрытия. Тестовое покрытие – это характеристика, определяющая, насколько тот или иной тест охватывает проверкой все заданные дефекты.

Стоит задача разработки системы тестового диагностирования дефектов, возникающих при изготовлении на контрактном производстве коммутаторов системы видеонаблюдения.

**Модель дефектов и методы тестирования.** Обычно множество производственных дефектов образует дефекты следующих категорий:

- отсутствие компонента;
- неправильный номинал компонента (10 вместо 100 КОм);
- поврежденный компонент, например, электростатикой или механически;
- неверная полярность компонента или он повернут на 180 градусов;
- отклонение компонента от реперных точек;
- отрыв вывода компонента от площадки (эффект «надгробия»);
- обрыв вывода;

- замыкание между соседними выводами из-за растекшегося припоя, изогнутые выводы, смещение выводов относительно базовой линии;

- непропай как результат неправильной формы паяного соединения, недостаточного или избыточного количества припоя (качество);

- отсутствие паяного соединения (обрыв).

С целью получения ясной модели эти дефекты классифицировали в зависимости от особенности той или иной группы тестовых покрытий. Эта классификация обеспечила логическую связь с производственным процессом. Особенности тестовых покрытий определили для них де-факто три стандарта [1].

Модель MPS представляет производственный процесс на верхнем уровне: **M**aterial (компонент); **P**lacement (размещение компонентов на печатной плате); **S**older (пайка).

Ее детализируют модели нижнего уровня PPVS или PCOLA/SOQ, которые также могут быть расширены за счет следующих категорий неисправностей:

- отсутствие компонента (места печатной платы, помеченные как DNP – с неустанавливаемыми компонентами);

- загрузка (Flash, FPGA,  $\mu$ C);

- маркировка версии компонента;

- форма пайки;

- плотность пайки.

Модель PPVS: **P**resence (наличие компонента); **P**olarity (полярность); **S**older (пайка); **V**alue (номинал).

В таблице представлены различные инструменты для производственного тестирования [2].

### Инструменты производственного тестирования

Метод тестирования	Проверяет	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Автоматический оптический (AOI)/рентгеновский (AXI-X-Ray) осмотр (AOI/ AXI)	Обобщенное качество, размещение компонентов	Быстродействие. Обнаруживает проблемы, приводящие к деградации с течением времени или невидимые другими методами, например непропай соединений	Ограничение видимости

## Окончание таблицы

1	2	3	4
Граничное сканирование по стандарту JTAG (BST)	Связи. Память	Быстродействие. Всесторонняя проверка при хорошем покрытии	Много проектов не поддерживают полного покрытия для JTAG
«Ложе из гвоздей» (BNT)	Связи, включая аналоговые	Быстродействие. Требует небольшой экспертизы от оператора	Оказывает сильное влияние на компоновку печатной платы, если необходимо достичь высокого покрытия
«Летающий зонд» (FPT)	Связи, включая аналоговые	Всесторонняя проверка. Не требуется, чтобы плата была специальным образом приспособлена для тестирования	Медленный, дорогой
Функциональное тестирование (FT)	Функции	Дешевый. Тестирование приближено к рабочему поведению устройства	Может быть низким покрытие. Может потребоваться экспертиза оператора
Тренировка	Неисправности первых дней жизни	Потенциально ловит неисправности «первых дней жизни», которые могут быть пропущены другими проверками. Основан на «ваннообразной» кривой надежности компонентов, показывающей, что существенная часть области неисправностей приходится на ранний период. Это попытка избавиться от этой области	Дорогостоящая проверка в смысле полезной площади предприятия. Число вылавливаемых дефектов в большинстве случаев сильно ограничено. Может уменьшить время жизни изделия. Нередки сомнительные оценки.

Каждый из приведенных инструментов способен обнаруживать только некоторое подмножество производственных дефектов. Поэтому на практике необходимо использовать их комбинацию. Для модели покрытия PPVS такая комбинация выглядит следующим образом:

$$\begin{array}{r}
 \text{AOI} - > \text{P P} \\
 \text{BST} - > \quad \text{V S} \\
 \text{FT} - > \text{P P} \\
 \hline
 \text{P P V S}
 \end{array}$$

**AOI.** С помощью видеокамеры получаем изображение исправной (эталонной) платы. Снимаем видеокамерой проверяемую плату. Сравниваем два изображения, используя ПО **OpenCV** (набор алгоритмов и библиотек для работы с компьютерным зрением).

**BST.** В случае коммутатора системы видеонаблюдения лишь микроконтроллер содержит граничное сканирование. Однако микроконтроллер через свою параллельную магистраль взаимодействует с микросхемами памяти и ввода-вывода. Через граничное сканирование микроконтроллера можно устанавливать и наблюдать сигналы на магистрали и таким образом косвенно обнаруживать отсутствие соединений выводов микросхем, подключенных к магистрали. Это означает, что можно тестировать некоторые связи микроконтроллера встроенной системы с микросхемами, не поддерживающими стандарт JTAG.

**FT.** Используются встроенные тесты для коммутатора и «горячий макет» из исправного образца проверяемого коммутатора и компьютера с необходимым количеством сетевых карт.

### Библиографический список

1. Lotz Christophe, Collins Peter, Wiatrowski Dominique. Functional Board Test – Coverage Analysis. BOARD TEST WORKSHOP, Fort Collins, Co, USA – September 14th & 15th 2006.

2. Power Dunstan. Saving time and money on testing embedded hardware – putting design and production tests in their place. – URL: <http://www.ecnmag.com/articles/2013/10/saving-time-and-money-testing-embedded-hardware-putting-design-and-production-tests-their-place>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Секция I. Информационные технологии и автоматизированные системы .....</b>	<b>3</b>
<b>Пономарев Ф.А., Барламов О.Д., Каменских А.Н., Тюрин С.Ф.</b> Программа автоматического синтеза самосинхронных цифровых схем в функциональном полном толерантном базисе .....	4
<b>Ахметзянов Д.И., Степанова Д.С., Хаматнурова А.Р., Южанинов Р.И., Федоров А.Б.</b> Разработка виртуального стенда на базе программируемого логического устройства <i>MITSUBISHI ALPHA AL2-10R-A</i> .....	9
<b>Лузянин И.С., Нечкин П.С., Шмидт И.А.</b> Применение интегрированной логистической поддержки в IT-инфраструктуре вуза .....	14
<b>Рашевский Р.Б., Шабуров А.С.</b> Концепция аппаратно-программного комплекса для обеспечения информационной безопасности критически важных объектов .....	19
<b>Гусин А.Н., Володин В.Д., Бикметов Р.Р., Шаронов А.А., Файзрахманов Р.А.</b> Отечественная элементная база. «Русское чудо» .....	24
<b>Володин В.Д., Бикметов Р.Р., Шаронов А.А., Файзрахманов Р.А.</b> Разработка управляющей ЭВМ для роботизированного погрузочно-разгрузочного комплекса с использованием отечественной элементной базы .....	32
<b>Ковалев С.С., Артемов С.П.</b> Комплексная система экстренного оповещения населения .....	37
<b>Плотникова М.А., Артемов С.П.</b> Автоматизированная система диспетчеризации центра обработки и хранения данных промышленного предприятия .....	41
<b>Борисова Т.И., Лопатин В.Г.</b> Инфографика в обучении ....	46
<b>Поляков А.Н., Бакунов Р.Р.</b> Электронный измеритель пульса на базе микроконтроллера <i>ATMEGA8</i> .....	52
<b>Чёрный А.В., Мурзакаев Р.Т.</b> Механизм интеграции программного комплекса фигурного раскроя листового материала с системой управления инженерными данными и жизненным циклом изделия «Лоцман: PLM» .....	55
<b>Ветчанинов А.А., Бакунов Р.Р.</b> Автоматическая система полива растений .....	60

<b>Рутин В.А., Мурзакаев Р.Т.</b> Разработка инструмента редактирования карт раскрыя .....	64
<b>Байков В.С., Файзрахманов Р.А.</b> Моделирование процесса сушки древесины с использованием нечеткой логики .....	69
<b>Ветчанинов А.А., Мурзакаев Р.Т.</b> Построение контуров в Java с использованием графической библиотеки <i>Jfreechart</i> ...	74
<b>Северюкова И.А., Бакунов Р.Р.</b> Автоматизированная система вычисления площади помещения на базе микроконтроллера <i>ATMEGA168</i> .....	76
<b>Калин Г.В., Викторенков Н.В., Власов Е.Д., Бакунов Р.Р.</b> Аппаратная часть <i>MY VISION</i> .....	80
<b>Калин Г.В., Викторенков Н.В., Власов Е.Д., Бакунов Р.Р.</b> Программное обеспечение <i>MY VISION</i> .....	84
<b>Брюханова А.А., Мурзакаев Р.Т.</b> Подходы к организации тестирования программного комплекса <i>ITAS-NESTING</i> .....	86
<b>Рахманов А.А., Долгова Е.В.</b> Разработка базы знаний и решателя автономного мобильного робота .....	94
<b>Бельшева Ю.В., Набатов А.В.</b> Погрешности, влияющие на ориентирование с использованием ГНСС «ГЛОНАСС», и возможные способы их устранения .....	99
<b>Секция II. Автоматизация технологических процессов и производств .....</b>	<b>103</b>
<b>Погораздов Р.А., Гундарев М.С., Войтехов Н.И., Суханов О.П., Петухов Р.Н., Шелунцов С.В., Глушко А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К.</b> Комплексная система технического обслуживания и ремонта измерительного оборудования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности .....	104
<b>Спирин И.А., Мубаракзянов Н.Р., Баянов Ф.Н., Каменских С.Н., Даденков Д.А.</b> Автоматизированная система контроля качества газетной бумаги на основе распознавания образов .....	109
<b>Ахметзянов Д.И., Деревянкина В.Д.</b> Разработка автоматизированного рабочего места для работы со специализированным техническим документооборотом «Карточка разрешения» на ОАО «Пермский завод «Машиностроитель»» .....	113

<b>Каверин А.А., Черемных Д.Н., Даденков Д.А.</b> Имитационное моделирование системы регулирования концентрации учебно-экспериментальной установки .....	117
<b>Шамсутдинова Э.З., Костыгова Т.В.</b> Производство медной и алюминиевой проволоки на ООО «Камский кабель» .....	122
<b>Артемов С.А., Кычкин А.В.</b> Энергомониторинг подвижных объектов .....	126
<b>В.А. Резатдинов, Казанцев В.П.</b> Автоматизированная система управления физической моделью напорного ящика целлюлозно-бумажного производства .....	131
<b>Софин Н.А. Кавалеров М.В.</b> Модернизация лабораторного стенда «Модель вентиляционной системы» .....	134
<b>Кулик В.Д., Петроченков А.Б.</b> Разработка системы управления рабочим рольгангом .....	140
<b>Мошкин С.А., Фещенко А.А., Петроченков А.Б.</b> Разработка автоматизированного электропривода слитковоза .....	145
<b>Першин И.Д., Кузнецов Д.Ю., Петроченков А.Б.</b> Автоматизация круглошлифовального станка .....	149
<b>Губарев Е.А., Лихачева Ю.В., Кузнецова Т.А.</b> Применение фильтра Калмана в задачах идентификации параметров САУ газотурбинных двигателей .....	152
<b>Обухов Е.С., Лыков А.Н.</b> Внедрение методологии проектного управления на базе современных ИТ-решений в ОАО «ПНППК» .....	159
<b>Пономарев Т.А., Лыков А.Н.</b> Разработка системы документооборота в области здравоохранения в г. Соликамске .....	163
<b>Пьянков А.В., Леготкина Т.С.</b> Аппроксимация на основе нечетких продукционных моделей .....	166
<b>Ветчанинов Д.А., Леготкина Т.С.</b> Исследование автоматизированной системы с нечетким управлением .....	171
<b>Бариев В.В., Честиков А.П.</b> Внедрение методологии проектного управления на базе современных ИТ-решений .....	177
<b>Секция III. Электротехника и электроэнергетика .....</b>	181
<b>Субботина В.А., Тюленев М.Е.</b> Исследование пуска синхронного двигателя при пониженном напряжении в системе координат $d-q$ .....	182



<b>Давлетбаева Г.Н., Тюленев М.Е.</b> Влияние снижения напряжения сети на работу асинхронного двигателя с различным характером момента сопротивления .....	192
<b>Федосеева А.Н., Бачурина М.В., Казаков А.В.</b> Оценка влияния геометрии адаптера на процессы теплообмена в зоне дозирования .....	197
<b>Богданов Д.А., Ершов С.В., Казаков А.В.</b> Оценка времени жизни полимерного материала посредством кинетического разложения на термогравиметрическом анализаторе .....	201
<b>Тиунова Л.В., Тиунов В.В.</b> Трансформаторы с элегазовой изоляцией. Тенденция развития в России .....	205
<b>Володарская И.С., Тиунов В.В.</b> Энергия из бактериальных спор .....	208
<b>Слобода Е.В., Мансуров А.С., Щербинин А.Г.</b> Исследование взаимных влияний LAN-кабелей с помощью математического моделирования электрических полей .....	211
<b>Пасынков Д.П., Труфанова Н.М.</b> Математическое моделирование процесса вулканизации кабелей с резиновой изоляцией .....	215
<b>Марковский М.В., Труфанова Н.М.</b> Исследование влияния заполнения кабельного канала на максимальную температуру изоляции кабелей .....	220
<b>Макаров А.А., Земсков И.В., Тиунов В.В.</b> Тепловой расчет и теплосбережение жилого дома .....	226
<b>Шишкин Д.А., Щербинин А.Г.</b> Влияние конструктивных и монтажных дефектов на распределение электрического поля силового высоковольтного кабеля .....	230
<b>Левин А.А., Ключников А.Т.</b> Определение сопротивления статорных обмоток двигателя .....	234
<b>Крыласов Д.С., Трефилов В.А.</b> К вопросу выбора генератора для ветроэнергетической установки .....	239
<b>Лейзгольд Д.Ю., Трушников К.П., Ромодин А.В.</b> Показатели качества электрической энергии как индикаторы эффективности управления электропотреблением .....	243
<b>Выголова Е.А., Кычкин А.В.</b> Разработка интеллектуальной системы оценки соответствия системы энергоменеджмента предприятия требованиям стандарта ISO 50001:2011 .....	248

<b>Глухов А.А., Пинаев М.С., Тиунов В.В.</b> Атомная энергетика Урала .....	252
<b>Чудинов А.В., Кычкин А.В.</b> Оценка эффективности ветрогенератора в локальном сегменте активно-адаптивной сети на полунатуральной модели .....	256
<b>Чикаренко С.К., Тиунов В.В.</b> Индукционные электрические машины с разомкнутым магнитопроводом .....	260
<b>Секция IV. Телекоммуникации</b> .....	265
<b>Корелин О.А., Слаутин Ю.А.</b> Реализация комплекса сбора, обработки и передачи данных в системе автоматизированного мониторинга экологических параметров на основе кристалльной технологии M2M .....	266
<b>Губарев Е.А., Лихачева Ю.В., Даденков С.А.</b> Разработка модели протокола вероятностного доступа с прогнозированием нагрузки на сетевой канал .....	269
<b>Кобелева Н.С., Байдаров А.А., Кротова Е.Л.</b> Применение метода стеганографии для организации скрытой передачи данных .....	273
<b>Чмыков В.В., Даденков С.А.</b> Разработка имитационной модели уровня приложений узла LonWorks-сети .....	278
<b>Талыпов М.В., Посягин А.И.</b> Разработка нейронной сети на основе параллельно-последовательного аналого-цифрового преобразователя .....	283
<b>Диева С.С., Посягин А.И.</b> Нейронная сеть в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе .....	287
<b>Корнилков А.Н., Посягин А.И.</b> Работа коммутаторов в системе самомаршрутизации сигналов в аналого-цифровом преобразователе .....	291
<b>Кацко Е.В., Посягин А.И.</b> Контроль измерительной части основного нейрона в самомаршрутизирующемся аналого-цифровом преобразователе .....	296
<b>Вихорев Р.В., Тюрин С.Ф.</b> Логические элементы ПЛИС и их моделирование .....	302
<b>Плотникова А.Ю., Тюрин С.Ф.</b> Анализ строгосамосинхронного функционально-полного толерантного элемента с отказоустойчивым индикатором .....	307
<b>Харин Б.Ю., Фрейман В.И.</b> Система защиты контента в сетях <i>OVER THE TOP</i> (OTT) .....	312

<b>Пирожков А.П., Фрейман В.И.</b> Исследование каналов с памятью с использованием среды моделирования <i>MatLab</i> .....	317
<b>Старков И.Д., Слаутин Ю.А.</b> Обзор роботов Японии .....	322
<b>Чухрий Д.Г., Байдаров А.А.</b> Выбор платформы виртуализации при формировании ИТ-инфраструктуры .....	325
<b>Лоскутов А.А., Южаков А.А., Байдаров А.А.</b> Формирование модели инфобезопасной сети для организации информационного обмена с федеральными информационными системами .....	331
<b>Русиешвили К.Б., Южаков А.А., Байдаров А.А.</b> Формирование автоматизированной системы обработки изображений с использованием технологии <i>DICOM</i> .....	336
<b>Беляев А.В., Гончаровский О.В.</b> Производственное тестирование коммутаторов системы видеонаблюдения .....	341

Научное издание

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы краевой научно-технической  
конференции  
(г. Пермь, 21 мая 2014 г.)

Редактор и корректор *И.Н. Смирнова*

---

Подписано в печать 14.10.2014.  
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 22,25.  
Тираж 100 экз. Заказ 2014.

---

Типография ИП Щеглова Н.В.  
Адрес: 614000, г. Пермь, ул. Индустриализации, 4