

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

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ,  
ПРАКТИКА (INNOTECH 2012)**

Материалы IV Международной  
интернет-конференции молодых ученых,  
аспирантов, студентов  
(01 ноября 2012 г. – 31 декабря 2012 г.)

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета  
2013

Представлены работы молодых ученых, аспирантов, а также лучшие работы студентов.

Конференция посвящена вопросам системных исследований и моделирования, информационно-измерительных и управляющих систем, систем телекоммуникации и связи, энергетики и энергоресурсосбережения, информационных технологий и средств автоматизации, аппаратно-программного обеспечения информационно-управляющих систем.

Публикуемые результаты исследований могут быть интересны молодым исследователям, преподавателям и специалистам, интересующимся теоретическими и прикладными разработками в данной предметной области.

**Редакционная коллегия:**

*А.М. Костыгов*, доцент, канд. 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, генеральный директор ОАО «НИИУМС» *В.Н. Аликин*

**Секция 1**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

# ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

**Студент гр. 851005 Ю.И. Алексеев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *П.Ю. Бранцевич*  
Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск

Обработка цифровых сигналов является современным, динамично развивающимся направлением научной деятельности. На сегодняшний день с трудом можно отыскать отрасль, в которой данное направление не играло бы значительную роль.

Вибродиагностика – это получение, преобразование и анализ сигналов, поступающих с вибродатчиков, установленных на различном промышленном оборудовании, с целью выявить или предотвратить негативные процессы, происходящие под воздействием вибрации. Любое нарушение технологического процесса сопровождается остановкой станков или механизмов, ведет к их быстрому изнашиванию и, как следствие, поломке. Следствием этого являются увеличение экономических издержек из-за частых профилактических и ремонтных работ, частичной или полной замены механизмов и их частей, ухудшение качества производимых товаров и предоставляемых услуг.

Для предотвращения подобных ситуаций выработан ряд условий и мер по эксплуатации и обслуживанию оборудования для поддержания высокого уровня технологического процесса. Наиболее важными из таких мер являются профилактическая деятельность и осуществление контроля за техническим состоянием оборудования. С помощью вибродиагностики возможно многократно повысить эффективность данных мер и снизить издержки производства.

Существуют разнообразные программы, позволяющие осуществлять обработку вибросигналов, но практически все они требуют установки на компьютер, зависят от операционной системы, установленной на компьютере пользователя, поставляются в составе аппаратно-программных комплексов и не работают на мобильных платформах, ограничивая переносимость и сферу применения для конечного пользователя.

Создание веб-приложения, в отличие от его обычной настольной версии, имеет большое количество преимуществ, среди которых возможность гибкой настройки и распределения нагрузки между сервером и рабочей станцией клиента, обновление приложения происходит централизованно на стороне поставщика приложения, есть возможность

работы удаленно. К числу достоинств также следует отнести то, что использование на предприятии новейших компьютеризированных систем создает предпосылки для повышения квалификации персонала, способного правильно интерпретировать поступающие данные, а реализация веб-приложения позволит создать единый центр обработки информации и принятия решений, в котором будут сосредоточены вышеупомянутые специалисты. При данном подходе появляется возможность для сокращения количества сотрудников, выполняющих данные работы на предприятии, повысится степень специализации инженеров, занятых обработкой информации, можно будет работать с системой и предприятием удаленно, исключив необходимость непосредственного нахождения на месте исследования.

Принцип работы данной системы заключается в следующем: на предприятии устанавливаются виброметрические системы либо системы, напрямую соединенные посредством Интернета с сервером приложения, либо оператор вручную в определенный момент времени загружает информацию на сервер. Передача данных ведется через защищенное соединение, что исключает доступ третьих лиц к конфиденциальной информации. На сервере приложения осуществляются обработка поступившей информации и занесение ее в базу данных.

Специалисту, осуществляющему анализ и принятие решений на предмет вибрационного состояния технического объекта с помощью данного веб-приложения, предоставляется большое количество различных вариантов обработки сигнала: определение спектра сигнала; вейвлет-преобразование; построение моделей сигнала, выделение части сигнала, вычисление его параметров: среднеквадратичное значение (СКЗ), амплитуда, пик-фактор и другие.

В дальнейшем планируется значительно расширить функциональность программы, внедрить 3D-отображение сигнала и другие важные функции, повышающие эффективность вибродиагностики.

Приложение написано с использованием языка Adobe ActionScript 3 и PHP, в качестве сервера базы данных используется MySQL Server, шифрование данных осуществляется по протоколу SSL.

Внедрение систем виброконтроля и схемы технического обслуживания на основе реального технического состояния оборудования позволит предприятиям значительно сократить свои эксплуатационные издержки, потребности в количестве высококвалифицированных специалистов, достигнуть увеличения прибыли и направить усилия на модернизацию и развитие предприятия.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИНФРАЗВУКОВОЙ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ

**Канд. техн. наук Е.В. Блиная**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

Основой электроэнергетики как Казахстана, так и России является теплоэнергетический комплекс общей мощностью 16733 МВт (88,2 % от установленной электрической мощности электростанций).

В настоящее время на долю теплоэнергетики приходится 42 % общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников. В соответствии с Постановлением правительства Республики Казахстан № 1232 от 14 декабря 2007 г. все вновь вводимые и существующие котлы ТЭС с 01.01.2013 г. должны иметь пониженные эмиссии выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Так, например, для котлов производительностью до 420 т/ч нормативы выбросов составляют: по окислам азота 350 мг/нм<sup>3</sup>; оксидам серы 700–1400 мг/нм<sup>3</sup>; твердым частицам 150–500 мг/нм<sup>3</sup>.

В мировой практике кроме летучей золы, окислов серы и азота лимитируются также выбросы окиси углерода, характеризующие появление химического недожога в дымовых газах и экономичность ТЭЦ.

Традиционная технология пылевидного (камерного) сжигания углей является преобладающей в энергетике Республики Казахстан, и крайне важно повысить эффективность и «экологичность» этой технологии. Для этого необходимо оптимизировать средствами автоматизации подачу кислорода (воздуха) непосредственно в топку котла. Но, конечно, основной упор должен быть сделан на пылегазоочистку уходящих газов уже за пределами котлов.

Сегодня совершенно необходимо оснащать котлы автоматизированной системой подачи воздуха, которая бы не только фиксировала режим работы котлоагрегата, но и оперативно выдавала персоналу котельной информацию, необходимую для ведения оптимального режима котла. Потери с химической, механической неполнотой сгорания и выбросы в окружающую среду в этом случае будут сведены к минимуму.

Одним из возможных путей улучшения работы пылегазоуловителей является использование для пылегазоочистки инфразвуковых приборов различной мощности, оборудованных средствами автоматизации, что позволяет снизить выбросы окислов серы примерно на 75 %, окислов азота – примерно на 70 %. Одновременное применение на действующих

котлах автоматизированной системы подачи воздуха, очистки и удаления дымовых газов, давая большой эффект, не требует больших затрат на реконструкцию котлов. Именно это обстоятельство способствует внедрению на действующих ТЭЦ и в котельных наших рекомендаций как самых малозатратных мероприятий, направленных на повышение эффективности и «экологической чистоты» ТЭЦ.

При анализе данной проблемы рассматривались виды загрязнения атмосферы выбросами от технологических процессов объектов теплоэнергетики, а также методы контроля концентраций выбросов. Обзор аппаратов и методов очистки пылегазовых выбросов объектов теплоэнергетики проводится на основе работ ученых и специалистов в области автоматизации и управления технологическими процессами в теплоэнергетике, в первую очередь Г.П. Плетнева, И.И. Павлова, М.Н. Федорова, А.С. Ключева, А.Н. Товарнова, И.С. Берсенева, М.А. Волкова, Ю.С. Давыдова, Л.В. Деева, Н.А. Балахничева; ученых и специалистов в области пылегазоулавливания, в первую очередь М.И. Биргера, А.Ю. Вальдберга, Б.И. Мягкова, В.Ю. Падвы, А.А. Русанова, И.И. Урбаха, Г.М.-А. Алиева, А.Г. Ветошкина и др.

Изучение этих работ показало, что автоматическому регулированию работы котлоагрегата и вспомогательного оборудования ТЭЦ и котельных уделяется достаточное внимание, тогда как очистка выбрасываемых газов осуществляется в первую очередь от твердых частиц (процент улавливания от 80 до 99 %), а практически все вредные газовые компоненты, такие как CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, выбрасываются в атмосферу без очистки. Существующие методы и устройства для обезвреживания данных газовых компонентов не могут применяться в действующих котельных установках по причинам высокой стоимости оборудования, значительных затрат на реконструкцию и обслуживание, высокой стоимости химических реактивов.

На основании проведенных научных исследований получены результаты экспериментальных исследований зависимости концентрации выбросов загрязняющих веществ CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и твердых частиц при инфразвуковой очистке дымовых газов котельной установки от управляемых параметров технологического процесса. Выполнена обработка результатов проведенных экспериментальных исследований с целью получения многофакторной модели процесса инфразвукового пылегазоулавливания. Определены главные факторы, влияющие на процесс инфразвукового пылегазоулавливания, их значимость, проведен регрессионный анализ эмпирических зависимостей с использованием метода наименьших квадратов.

График зависимости степени улавливания  $\text{NO}_x$  от геометрического размера газохода представлен на рис. 1. График зависимости степени улавливания  $\text{NO}_x$  от мощности инфразвукового излучения представлен на рис. 2.

Графики зависимости степени улавливания  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , и твердых частиц от геометрической высоты газохода и мощности инфразвукового излучения получены аналогично.

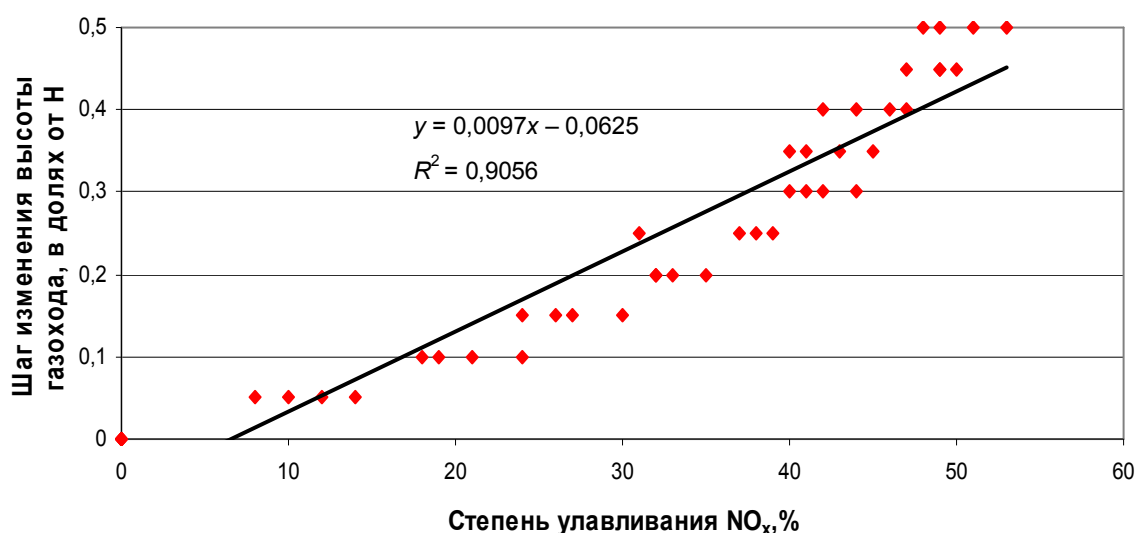


Рис. 1. Зависимость степени улавливания  $\text{NO}_x$  от геометрической высоты газохода

На основе проведенного анализа были получены следующие аналитические зависимости:

- для сернистого ангидрида  $Y_{\text{SO}_2} = 212,13 - 0,92x_1 - 1,24x_2 + 365,85x_3$ ;
- для окислов азота  $Y_{\text{NO}_x} = 436,4 - 4,77x_1 + 1,2x_2 + 246,38x_3$ ;
- для окиси углерода  $Y_{\text{CO}} = 50,1 - x_1 - 1,1x_2 + 662,43x_3$ ;
- для твердых частиц  $Y_{\text{тв.част}} = 637,35 - 0,65x_1 - 7,83x_2 + 588,31x_3$ ,

где  $x_1$  – частота инфразвукового излучения;  $x_2$  – скорость пылегазового потока;  $x_3$  – геометрический размер газохода;  $Y$  – концентрации загрязняющих веществ.

Согласно результатам теоретических и лабораторных исследований предложены схемы автоматизации процесса инфразвуковой пылегазоочистки дымовых газов котельной установки, выполнен подбор приборов контроля и управления технологическими параметрами\*.

\* Блинаяева Е.В. Автоматизация процесса очистки пылегазовых потоков с помощью инфракрасного воздействия: автореф. ... канд. техн. наук: 30.10.2009. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2009. – 17 с.



Суммарным выражением всей работы можно считать создание нового механизма автоматического управления в виде алгоритмического обеспечения и программной реализации системы автоматизации процесса инфразвуковой пылегазоочистки дымовых газов котельной установки.

Контроллер должен обеспечивать управление параметрами дымовых газов, изменение которых должно осуществляться по заданному закону. Для удобства практической реализации алгоритм функционирования узла инфразвуковой очистки удобно представить в виде автоматной модели. Это ориентированный граф, вершины которого представляют действия (исполняемые операторы – составляющие технологии), а ребра (дуги) – условия переходов операторов.

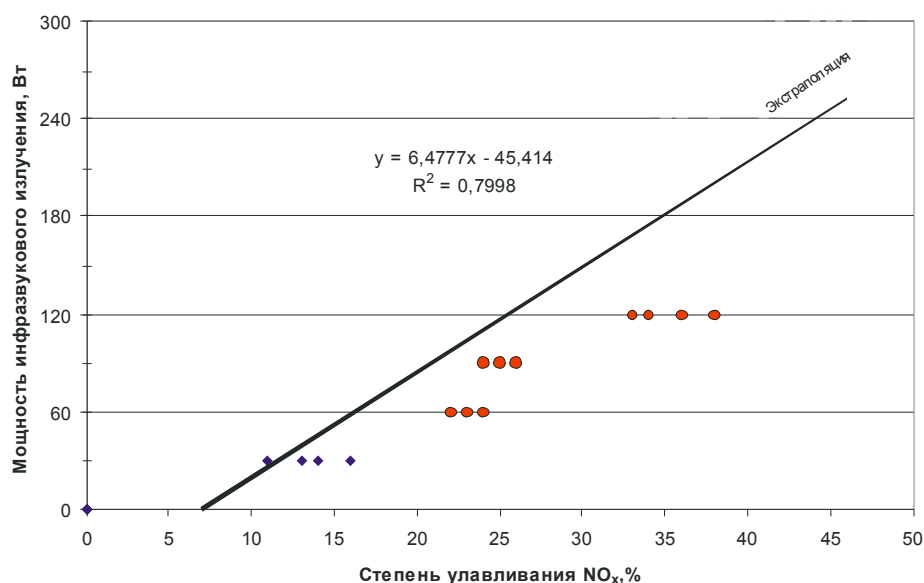


Рис. 2. Зависимость степени улавливания NO<sub>x</sub> от мощности инфразвукового излучения:  
 ◆ – натурные эксперименты Блинаяевой Е.В.,  
 ● – лабораторные эксперименты акад. Казакова О.А.

Граф-схема позволяет наглядно представить алгоритм: его составляющие, число независимых состояний, их взаимосвязи, ориентировочно определить число команд, состав и объем оперативного запоминающего устройства программируемого контроллера.

Интерфейс оператора позволяет контролировать значения технологических параметров установки ИФС, выбирать режимы работы: «ручной-автоматический», производить корректировку задания, просматривать журнал событий. Интерфейс оператора, изображенный на рис. 3, представляет собой мнемосхему с изображением оборудования установки ИФС, газоходов, кнопок управления процессом, индикаторов, полей отображения числовой и графической информации.

В автоматическом режиме установка работает по программе, заложенной в контроллере. На мнемосхеме отображаются значения параметров, состояния исполнительных механизмов и приборов E1...E2, осуществляются регистрация данных и запись их в журнал событий. В ручном режиме индикаторы состояния механизмов дополнительно выполняют функции кнопок. Оператор по показаниям датчиков на мнемосхеме управляет включением или отключением того или иного прибора ИФС E1...E4, открытием или закрытием клапанов ИМ1, ИМ2. Также в ручном режиме предусматривается вход в меню калибровки и наладки оборудования и вход в меню настройки интерфейса.

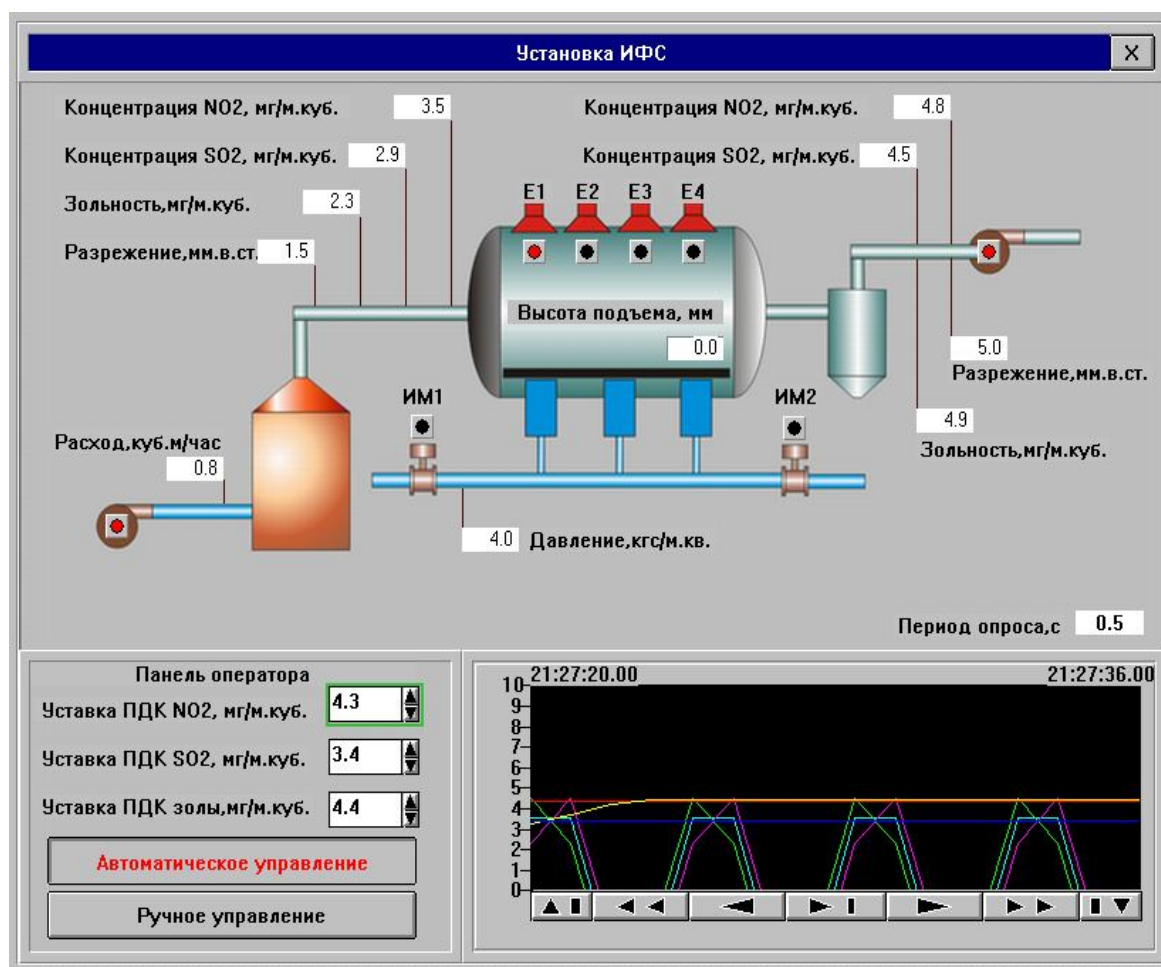


Рис. 3. Мнемосхема установки ИФС

Все действия оператора сопровождаются появлением дополнительных диалоговых окон, ожидающих от оператора принятия решений и подтверждения действий.

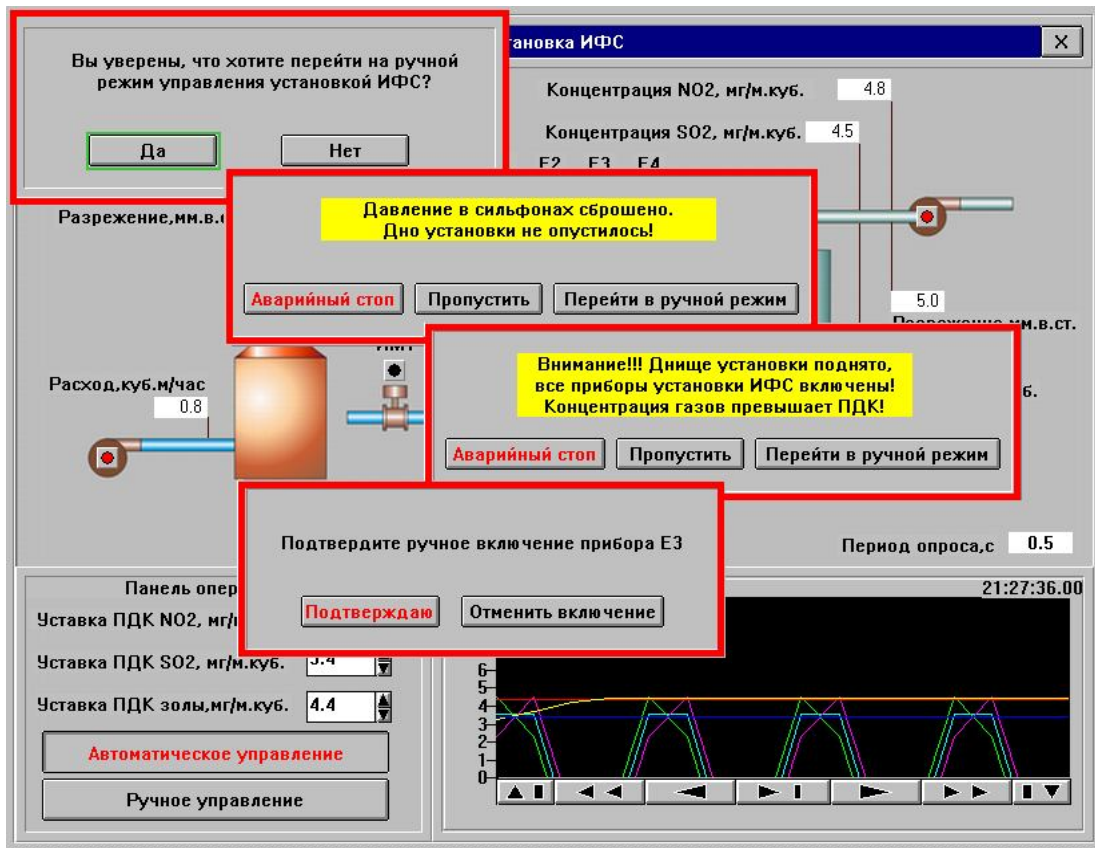


Рис. 4. Пример интерфейса с диалоговыми окнами

При сбоях и аварийных ситуациях диалоговые окна сигнализируют оператору о событии и также ожидают принятия решений. Все действия протоколируются в журнале событий и доступны для изучения. Пример диалоговых окон приведен на рис. 4.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ШНЕКА НА ПРОЦЕСС ЭКСТРУЗИИ

**Аспирант С.В. Ершов, старший преподаватель Е.В. Субботин**  
 Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Н.М. Труфанова*  
 Пермский национальный исследовательский  
 политехнический университет

Решение задачи по определению влияния воздействия охлаждения шнека на процесс экструзии может быть осуществлено на основе математической модели, описывающей процессы тепломассопереноса расплавов полимеров и охлаждающего агента с различными реологическими и теплофизическими свойствами в каналах шнека.

Была построена математическая модель вышеуказанных процессов, а также рассмотрены алгоритмы численной реализации задач предложенной математической модели.

Объектом моделирования являлся экструдер с каналом охлаждения (рис. 1), в котором осуществляется течение не соприкасающихся разнородных материалов.

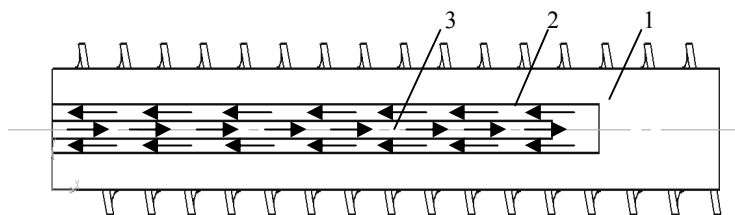


Рис. 1. Модель исследуемого шнека: 1 – шнек; 2 – канал охлаждения; 3 – канал введения охлаждающего агента

Численные исследования проведены для экструдера с классической геометрией шнека, геометрические размеры которого представлены ниже.

### Базовая геометрия экструдера

Внутренний диаметр цилиндра (корпуса), мм	160,0
Наружный диаметр шнека, мм	159,4
Шаг винтовой нарезки, мм	160,0
Ширина канала $W$ , мм	137,3
Ширина гребня винтовой нарезки $S$ , мм	15,3
Длины геометрических зон загрузки, сжатия и дозирования	10/10/
Суммарная длина шнека, витки	27
Глубина канала в зоне загрузки, $H_1$ , мм	16
Глубина канала в зоне дозирования $H_2$ , мм	4
Угол подъема винтовой линии $\Theta$ , град	17°39
Радиальный зазор между гребнем шнека и корпусом $\delta$ ,	0,3
Диаметр отверстия в шнеке, мм	48

Математическое описание процессов течения и теплообмена расплава полимера и охлаждающей жидкости основано на законах сохранения [1]. Уравнения энергии, движения, неразрывности были получены с учетом следующих допущений:

- процесс стационарный;
- среда несжимаемая, без упругих свойств;
- полимер поступает в канал с торца шнека в жидком состоянии;
- течение осесимметричное;
- теплофизические характеристики постоянны;
- полимер движется вдоль шнека;
- поверхность шнека без гребня.

В результате сделанных допущений система дифференциальных уравнений для каждого из потоков в скоростях примет следующий вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(rv_r^i)}{\partial r} + \frac{\partial v_z^i}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

$$\rho^i \left( v_r^i \frac{\partial v_r^i}{\partial r} + v_z^i \frac{\partial v_r^i}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left( 2\mu_3^i \frac{\partial v_r^i}{\partial r} \right) + \frac{2\mu_3^i}{r} \frac{\partial v_r^i}{\partial r} - \frac{2}{r^2} \mu_3^i v_r^i + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu_3^i \left( \frac{\partial v_z^i}{\partial r} + \frac{\partial v_r^i}{\partial z} \right) \right], \quad (2)$$

$$\rho^i \left( v_r^i \frac{\partial v_z^i}{\partial r} + v_z^i \frac{\partial v_z^i}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r} \left[ \mu_3^i \left( \frac{\partial v_z^i}{\partial r} + \frac{\partial v_r^i}{\partial z} \right) \right] + \frac{\mu_3^i}{r} \left( \frac{\partial v_z^i}{\partial r} + \frac{\partial v_r^i}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( 2\mu_3^i \frac{\partial v_z^i}{\partial z} \right), \quad (3)$$

$$\rho^i C^i \left( v_r^i \frac{\partial T}{\partial r} + v_z^i \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\lambda^i \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda^i \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \Phi, \quad (4)$$

$$\rho^i C^i \left( v_r^i \frac{\partial T}{\partial r} + v_z^i \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r\lambda^i \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda^i \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (5)$$

где индекс  $i$  определяет материал;  $r, z$  – радиальная и продольная цилиндрические координаты;  $v_r, v_z$  – компоненты вектора скорости;  $\Phi$  – диссипативный источник тепла;  $P$  – давление;  $T$  – температура;  $\rho$  – плотность;  $C$  – теплоемкость;  $\lambda$  – теплопроводность;  $\mu_3$  – эффективная вязкость, являющаяся функцией скорости сдвига и температуры [2]:

$$\mu_3 = \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)} \left( \frac{I_2}{2} \right)^{\frac{n-1}{2}}, \quad (6)$$

где  $\mu_0$  – начальная вязкость при  $T_0$ ,  $\beta$  – температурный коэффициент вязкости,  $n$  – коэффициент аномалии вязкости,  $I_2$  – второй инвариант тензора скоростей деформации.

Системы дифференциальных уравнений (1)–(6) замыкаются следующими граничными условиями:

- на неподвижных стенках компоненты скорости равны нулю;
- на входе в каналы задавались эпюры скоростей, соответствующие заданным расходам материала;
- на выходе – граничные условия второго рода по скорости и температуре;
- температура стенки цилиндра градиентно нарастает от 90 до 200°С;
- температура расплавов полимеров на входе в экструдер постоянная и составляет 20°С;
- на поверхностях контакта задаются граничные условия 4-го рода и равенство температур.

Полимер:

$$v_z \Big|_{z=0} = f_1(r), \quad (7)$$

$$v_r \Big|_{z=0} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} \Big|_{z=L_{\text{шн}}} = 0, \quad (9)$$

$$v_z \Big|_{r=R_{\text{шн}}} = v_r \Big|_{r=R_{\text{шн}}} = 0, \quad (10)$$

$$v_r \Big|_{r=R_{\text{ц}}} = 0, \quad (11)$$

$$v_z \Big|_{r=R_{\text{ц}}} = 0, \quad (12)$$

$$\lambda_n \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_{\text{шн}}} = \lambda_{\text{мет}} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_{\text{шн}}}, \quad (13)$$

$$T^+ \Big|_{r=R_{\text{шн}}} = T^- \Big|_{r=R_{\text{шн}}}, \quad (14)$$

$$T \Big|_{z=0} = T_{\text{вх}}, \quad (15)$$

$$T \Big|_{r=R_{\text{ц}}} = f(z), \quad (16)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=L_{\text{шн}}} = 0. \quad (17)$$

Шнек (металл):

$$\left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad (18)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=L_{\text{шн}}} = 0. \quad (19)$$

Канал охлаждения:

$$v_z \Big|_{z=0} = f_2(r), \quad (20)$$

$$\left. \frac{\partial v_r}{\partial r} \right|_{r=0} = 0, \quad (21)$$

$$\left. \frac{\partial v_z}{\partial z} \right|_{r=0} = 0. \quad (22)$$

Граничные условия на твердых поверхностях для компонент скоростей охлаждающего агента соответствуют условиям прилипания и непроникаемости.

В центре канала охлаждения выполняются условия (21) и (22):

$$\lambda_{\text{охл}} \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=R_k} = \lambda_{\text{мет}} \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=R_k}, \quad (23)$$

$$T^+ \Big|_{r=R_k} = T^- \Big|_{r=R_k}, \quad (24)$$

$$T \Big|_{z=0} = T_{\text{вх2}}, \quad (25)$$

$$\left. \frac{\partial v}{\partial z} \right|_{z=L_{\text{шн}}} = 0. \quad (26)$$

Система дифференциальных уравнений (1–26) решается методом конечных элементов в пакете *Ansys*.

Компоненты скорости и температура аппроксимируются квадратичными, а давление – линейными полиномами на прямоугольном элементе. В результате получены системы нелинейных алгебраических уравнений относительно узловых неизвестных компонент скорости, давления, температуры.

В качестве объекта исследования выбран экструдер ME-160 [3, 4].

Оценка сходимости численного решения приведена в табл. 1 и 2.

В зависимости от числа итераций и количества узловых элементов сетки оценивались значения температуры в выбранных узлах сетки и максимальной температуры на выходе из канала.

Таблица 1

Значения температур в зависимости  
от количества итераций

Количество итераций	$T_{п}$	$T(4000; 42)$
50	214	67
100	198	104
500	200	127
1000	200	132
2000	200	133
3000	200	133
4000	200	133

Таблица 2

Значения температур от количества узловых элементов

Кол-во узловых элементов	$T_{п}$	$T(4000; 42)$
1734	–	–
3466	197	103
6935	199	147
13870	200	137
27740	200	133
41610	200	133

В результате исследования сходимости решения поставленной задачи были приняты следующие значения по числу итераций и количеству узловых элементов: число итераций составило 3000, количество элементов – 27740.

В работе проведено исследование влияния свойств материала охлаждающего агента в канале охлаждения на распределение температуры в расплаве полимера.

В табл. 3 приведены свойства материалов, применяемых в модели.



## Свойства применяемых материалов

Материал	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплоемкость $C_p$ , Дж/кг·°К	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/м·°К	Вязкость $\mu$ , кг/м·с
Сталь	8030	502,48	16,27	–
Вода	998,2	4182	0,6	0,001003
Масло	880	1700	0,09	6
Воздух	1,225	1006,43	0,0242	$1,7894 \cdot 10^{-5}$
Полиэтилен	919	1800	1,36*	$f(T)$

\* – значение эффективной теплопроводности, учитывающей влияние гребней.

В качестве агента охлаждения были использованы: вода, воздух, масло. Температура материалов охлаждения 20 °С. Давление подачи агента  $P = 1000$  Па. Агент подается по центру, вводится на расстоянии 2,5 м.

На рис. 2, 3, 4 показана зависимость температур в полимере при различных материалах охлаждающего агента.

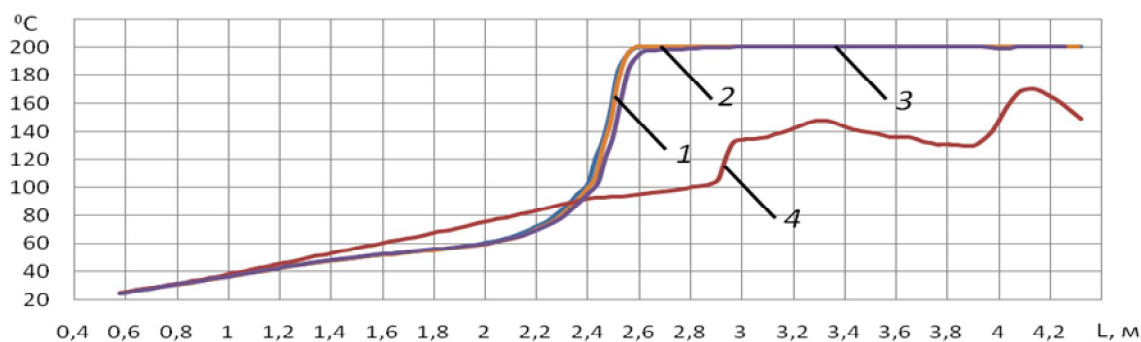


Рис. 2. Распределение минимальной температуры в полимере при различных охлаждающих агентах: 1 – без охлаждения, 2 – охлаждение воздухом, 3 – охлаждение маслом, 4 – охлаждение водой

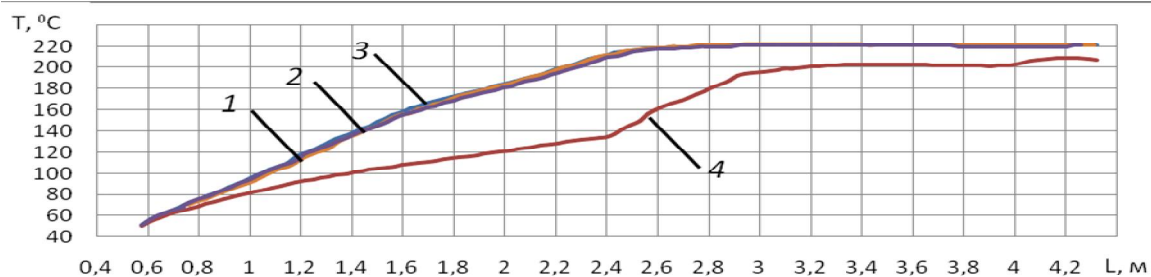


Рис. 3. Распределение средней температуры в полимере при различных охлаждающих агентах: 1 – без охлаждения, 2 – охлаждение воздухом, 3 – охлаждение маслом, 4 – охлаждение водой

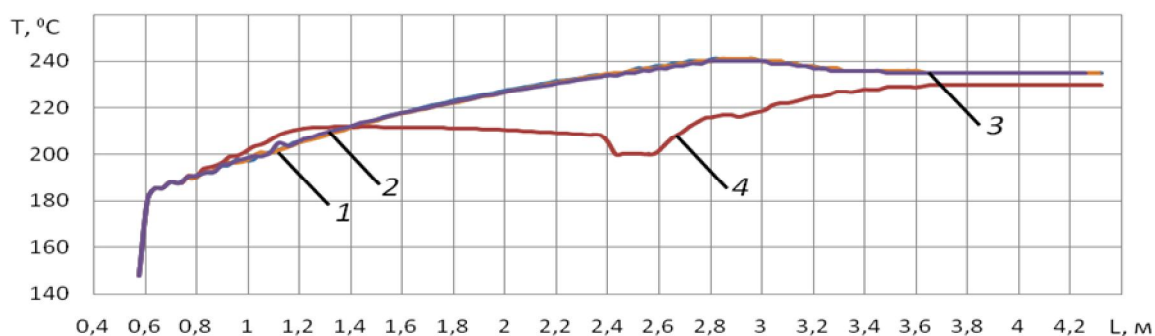


Рис. 4. Распределение максимальной температуры в полимере при различных охлаждающих агентах: 1 – без охлаждения, 2 – охлаждение воздухом, 3 – охлаждение маслом, 4 – охлаждение водой

Таким образом, из рисунков видно, что наиболее эффективной средой охлаждения является вода. Использование в качестве среды охлаждения воздуха или масла не оказывает существенного влияния на максимальную среднюю и минимальную температуры в полимере, это связано с тем, что вязкость масла намного больше вязкости воды, и для его подачи необходимо увеличить давление. Для того чтобы использовать масло в качестве охлаждающего агента, необходим более мощный насос. На рис.4 небольшой провал максимальной температуры наблюдается в месте введения охлаждающего агента. Применение воды позволяет снизить все температуры и таким образом исключить возможность перегрева полимера и выровнять температуру в канале при сохранении заданных технологических параметров.

### Библиографический список

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 848 с.
2. Yankov V.I., Trufanova N.M., Shcherbinin A.G. FLOW OF POLYMERIC FLUIDS IN HELIX SEALS // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2005. – № 6. – С. 6.
3. Щербинин А.Г., Труфанова Н.М., Янков В.И. Пространственная математическая модель одночервячного пластицирующего экструдера. Сообщение 1: Математическая модель процесса тепломассопереноса полимера в канале экструдера // Пластические массы. – 2004. – № 6. – С. 38–41.
4. Щербинин А.Г., Труфанова Н.М., Янков В.И. Пространственная математическая модель одночервячного пластицирующего экструдера. Сообщение 3: Проверка адекватности модели // Пластические массы. – 2005. – № 5. – С.43–45.

# **РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ АЛГОРИТМОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОМПЛЕКСА MODCELL**

**Студент гр. АТП-12м А.О. Колыхматов**

Научный руководитель – канд. техн. наук *П.Ю. Сокольчик*

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Современные технологические объекты (ТО) управления являются сложными, нелинейными, многомерными и многосвязными.

Автоматизация систем управления технологическими процессами, протекающими в таких объектах, реализуется на базе микропроцессорных программно-технических комплексов, способных обработать большое количество информации.

Для поддержки современных систем управления необходимы специалисты, которые могут:

- провести анализ ТО и поставить задачу управления ТО;
- провести необходимые эксперименты;
- реализовать программу в микропроцессорном комплексе.

Для обучения таких специалистов разработан учебно-лабораторный комплекс, который позволяет:

- 1) выполнить имитацию различных технологических объектов на базе аппаратно-программного комплекса MODCELL;
- 2) отработать синтез системы управления;
- 3) отработать методологию программирования микропроцессорных контроллеров для решения задач управления и противоаварийной защиты.

Требования к системе:

- 1) простота, которая заключается в том, что, владея теоретическими знаниями, без практической подготовки можно разобраться в системе;
- 2) реалистичность, система должна иметь вид промышленного комплекса управления и быть в определенных отношениях аналогична оригиналу;
- 3) адаптивность, в рамках одного стенда можно реализовать большое количество технологических объектов с разными свойствами и динамическими характеристиками. Например, накопления уровня в емкости за счет регулирования расхода на выходе или входе емкости; изменение температуры в теплообменнике и другое.

Комплекс выполнен на базе 2 промышленных контроллеров MODCELL фирмы АВВ: 1-й используется для имитации объектов, 2-й – для синтеза систем управления.

Для связи между контроллерами использовались только аналоговые и дискретные сигналы как наиболее характерные для связи с технологическими объектами.

Контроллер MODCELL 2000 с модулем идентификации логического управления представляет собой высокоинтеллектуальное устройство сбора и обработки информации, предназначенное для использования в системах управления на основе персональных компьютеров.

Далее рассмотрим пример синтеза, моделирования исследования системы управления смесителем теплообменного типа с рубашкой. Пример выбран как типовой, распространенный в ХТП и отражающий различные задачи при сравнительно небольшом технологическом оформлении (рис. 1).

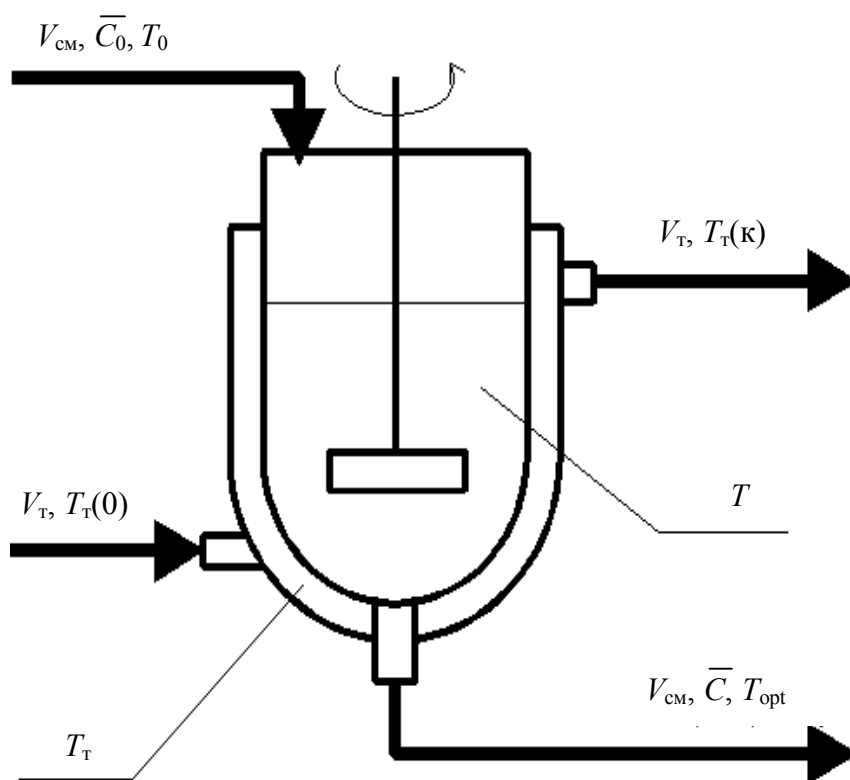


Рис. 1. Схема типового теплообменника с мешалкой и рубашкой

Такой объект позволяет исследовать как задачи регулирования одноконтурного или каскадного, при необходимости адаптивного управления, так и задачи программно-логического управления и противоаварийной защиты, то есть при небольших временных затратах и однотипных подходах можно исследовать широкий круг задач.

Так, например, математическое описание объекта управления будет иметь вид:

$$\begin{cases} V \cdot c_p^{\text{cm}} \cdot \frac{dT}{dt} = v \cdot c_p^{\text{cm}} (T_0 - T) + K_T \cdot F(T_T - T), \\ V_T \cdot c_T \cdot \frac{dT_T}{dt} = v_T \cdot c_T (T_T^0 - T_T) - K_T \cdot F(T_T - T). \end{cases}$$

Решение относительно переменной  $T$  представлено на рис. 2.

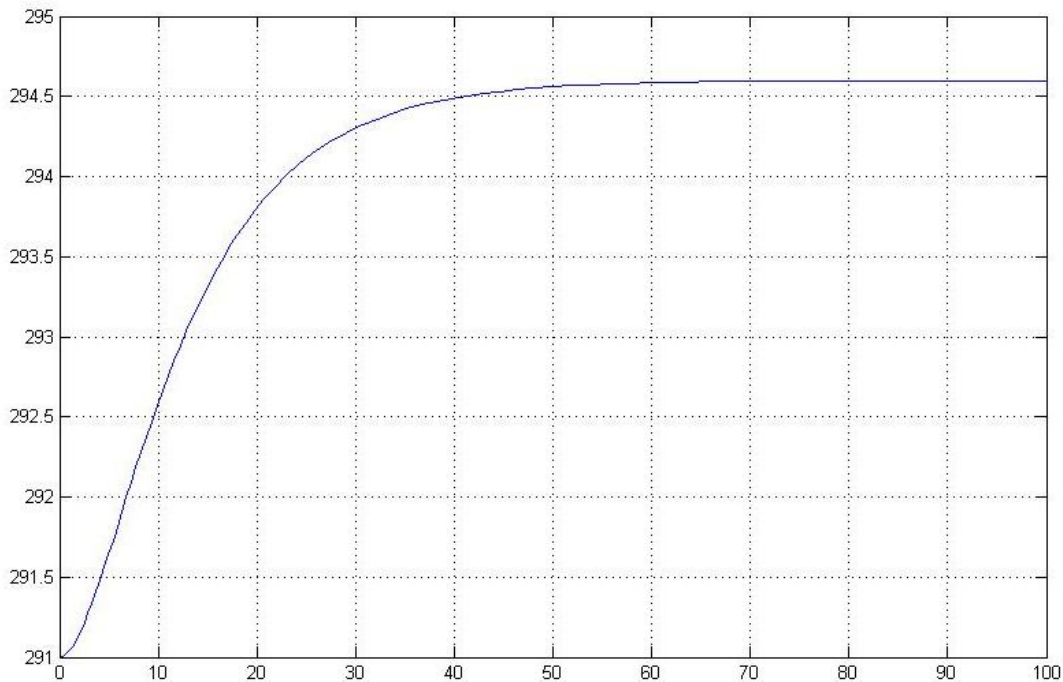


Рис. 2. Разгонная характеристика

Получена передаточная функция объекта:

$$W(S) = \frac{1,2}{40S^2 + 14S + 1}.$$

Поскольку регулирующий орган на трубопроводе установлен на некотором расстоянии от теплообменника, трубопровод будет рассматриваться как звено транспортного запаздывания,

$$W(S) = e^{-\tau S}.$$

Таким образом, вся технологическая система по каналу «открытие клапана – температура» будет описана передаточной функцией:

$$W(S) = \frac{1,2}{40S^2 + 14S + 1} e^{-5S}.$$

Для моделирования объекта на контроллере использована полученная при математическом моделировании передаточная функция.

Для конфигурации контроллера используется прикладной пакет «Application Builder». Библиотека алгоритмов программы *Application Builder* не содержит в своем составе алгоритмов имитации колебательного или инерционного звена, поэтому использованы два последовательно соединенных звена первого порядка и звена запаздывания.

$$W_1(S) = \frac{1,2}{4S + 1}; W_2(S) = \frac{1}{10S + 1}; W_3(S) = e^{-5S}.$$

Описанный объект реализован на базе одного из контроллеров. На рис. 3 представлен алгоритм имитации объекта.

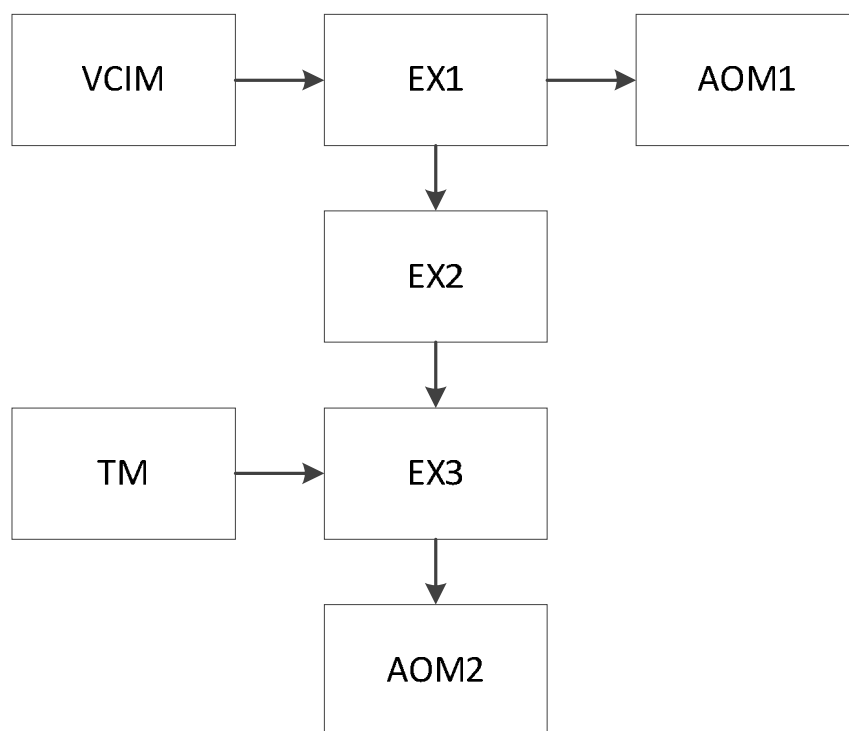


Рис. 3. Алгоритм моделирования объекта

Лингвистическое описание работы разработанного алгоритма: на аналоговый вход VCIM контроллера, имитирующего объект, подается сигнал о положении клапана. С VCIM результат поступает в блок математических и логических операций EX1, в котором реализована формула объемного расхода теплоносителя. Результат блока EX1 поступает в блок аналогового вывода AOM1 и в блок математических и логических операций EX2. Блок AOM1 играет роль датчика расхода. В блоке EX2 реализована передаточная функция  $W_1(S)$ . Далее с блока EX2 результат поступает в блок EX3, в котором реализована передаточная функция  $W_2(S)$ , также на блок EX2 поступает сигнал с блока таймера TM, реализующего запаздывание. Результат с блока EX3 подается на AOM2, который играет роль датчика температуры.

На рис. 4 представлен алгоритм системы регулирования, реализованный на втором контроллере.

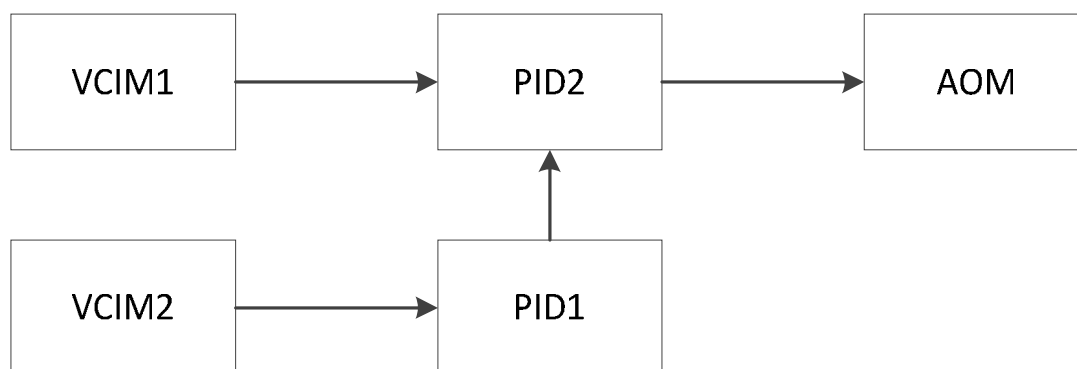


Рис. 4. Алгоритм системы управления

Лингвистическое описание алгоритма системы управления: на аналоговый вход (VCIM1) контроллера, обрабатывающего регулирование, подается сигнал с датчика расхода, с VCIM1 результат подается на измеряемое значение второго ПИД-блока (PID2). На аналоговый вход (VCIM2) контроллера подается сигнал с датчика температуры, результат VCIM2 подается на измеряемое значение первого ПИД-блока (PID1), результат PID1 подается на задание PID2, результат PID2 подается на аналоговый выход.

В результате выполнено конфигурирование аппаратного оформления микропроцессорного комплекса на базе контроллера MODCELL фирмы АВВ, сконфигурирована SCADA-система, позволяющая производить мониторинг, управление и сбор данных, разработаны методические указания с учебно-методическим комплексом.

Рассмотрена последовательность работы учебно-лабораторной установки на примере конкретного технического объекта, в том числе: построена математическая модель объекта «смеситель с рубашкой»; произведена идентификация объекта, рассчитаны настройки регулятора. Разработаны программы, реализующие объект управления и регулирование. Разработанный учебный лабораторный комплекс позволяет имитировать различные технологические процессы в лабораторных условиях и обрабатывать разнообразные схемы управления.

### Библиографический список

1. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учебное пособие для вузов. – М.: Академкнига, 2006. – 416 с.

2. Data Base Reference, Logic Functions Book 1 [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://micmod.com/sites/default/files/IB-23G600.pdf> (дата обращения: 3.06.2012).

3. Data Base Reference, Logic Functions Book 2 [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://micmod.com/sites/default/files/IB-23G602.pdf> (дата обращения: 3.06.2012).

4. Data Base Reference, Advanced Control functions [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://micmod.com/sites/default/files/IB-23G601.pdf> (дата обращения: 3.06.2012).

5. Installation, MODCELL MultiLoop Processor [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://micmod.com/sites/default/files/IB-23C600.pdf> (дата обращения: 3.06.2012).



# **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА КП ВДО «ГАРМОНИЯ», МОДУЛЬ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ»**

**Студент гр. 352 Р.Т. Гасанов**

Научный руководитель – А.В. Стародумов

Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Постоянное увеличение объема информации и ограниченность учебного времени обуславливают необходимость интенсификации обучения, разработки и внедрения нетрадиционных технологий, базирующихся на использовании вычислительной техники с применением активных методов обучения во всем их разнообразии и комплексности. Реализация активных методов обучения – одна из основных задач дидактики, которая предполагает активизацию всего процесса, выявление системы, способов, приемов, способствующих повышению активности обучаемых через формирование положительной мотивационной структуры учебно-познавательной деятельности [1].

АОС «КПВДО «Гармония»» предназначена для предоставления обучаемым теоретических знаний, взаимодействия обучаемых и преподавателей в процессе обучения, предоставления обучаемым возможности самостоятельной работы по освоению изучаемого материала, а также автоматизации процесса обучения программному продукту АОС «КПВДО «Гармония»», а также уменьшения роли преподавателя в обучении и контроле знаний [3].

В настоящее время во внутренних войсках не существует подобного рода автоматизированной обучающей системы, позволяющей в короткие сроки провести обучение и текущий и последующие анализы обучения. В настоящей автоматизированной обучающей системе ведется хранение данных о пользователе и его обучении, о рекомендациях для обучаемого, а также о месте, где пользователь закончил последнее обучение.

Также при написании данной АОС существуют и свои проблемы, такие как:

- постоянно обновляющиеся проблемные вопросы при обучении;
- обновление руководящих документов по оценки знаний;
- незнание программного обеспечения должностными лицами [3].

Функции, которые можно осуществить с помощью данной системы:

- доступ к образовательным ресурсам, включая средства виртуальных и удаленных учебно-исследовательских лабораторий;
- самотестирование и контроль знаний обучаемых;

- поиск информации;
- создание ОР2;
- управление учебным процессом;
- указание рекомендаций к обучению.

Таким образом, АОС предназначена для улучшения образовательного процесса путем автоматизации основных процессов обучения, таких как теория, практика и контроль, которые тем временем составляют основные модули данных систем и работают совместно.

Цели создания системы:

- выявление исходного уровня знаний, умений и навыков учащихся, их индивидуальных особенностей;
- подготовка учебного материала;
- предъявление учебного материала, адаптация его по уровню сложности, темпу представления информации;
- управление познавательной деятельностью учащихся;
- определение показателей их работоспособности;
- завершающий контроль качества усвоения;
- регистрация и статистический анализ показателей процесса усвоения материала каждым учащимся и группой в целом (характер и время выполнения отдельных заданий, общее время работы, число ошибок и др.)

При реализации любой из ранее рассмотренных структур АОС используются вполне определенные алгоритмические подходы, диктуемые методикой проведения учебного занятия. Обычно любая обучающая система представляет собой совокупность порций информации, называемой слайдами, которые в той или иной форме предъявляются ученику. Современная вычислительная техника обладает широкими функциональными возможностями и позволяет использовать в слайдах информацию, представленную в виде обычного текста, графического изображения, аудио- и видеофрагментов. При этом в слайдах можно сосредоточить все средства представления информации, существующие в настоящее время для повышения эффективности учебного процесса. С другой стороны, использование звукового представления и видеозаписей ведет к удорожанию персонального компьютера, что не всегда является оправданным. В настоящее время как наиболее оптимальный вариант в большинстве курсов программированного обучения применяют текстовое и графическое представление информации.

Функции решений (откликов) ученика в АОС обычно выполняют ответы на вопрос и/или выбор той или иной ссылки для получения учащимся дополнительной развернутой информации об изучаемом предме-

те. Как результат действия АОС предъявляет новую порцию информации, после чего весь цикл повторяется.

Весьма распространенным типом АОС среди замкнутых систем являются имитационные автоматизированные обучающие системы. Здесь функции ведущего «элемента» выполняет фактор моделирования реальной ситуации в той или иной сфере предметной области. Элемент с обратной связью в виде реакции ученика на предъявляемый АОС учебный материал является основой непрерывного взаимодействия системы «АОС-обучаемый», так как то или иное воздействие на систему со стороны пользователя ведет сразу к ответной реакции со стороны обучающей системы.

Таким образом, является очевидным, что наиболее широкими возможностями с учетом современных требований к АОС обладают замкнутые обучающие системы, обеспечивающие максимальную «гибкость» в общении с пользователем.

Реализация АОС позволит значительно облегчить работу преподавателям и решить следующие задачи:

- регистрацию и статистический анализ показателей усвоения учебного материала: определение времени решения задач, определение общего числа ошибок и т.д.;
- проверку уровня знаний, умений и навыков учащихся до и после обучения, их индивидуальных способностей и мотиваций;
- подготовку и предъявление учебного материала, адаптацию материала по уровням сложности, подготовку динамических иллюстраций, контрольных заданий, лабораторных работ, самостоятельных работ учащихся;
- администрирование системы, доставку учебного материала на рабочие станции и задачи обратной связи с обучаемым [3].

В ходе выполнения курсового проекта было создано техническое задание, дающее возможность в дальнейшем реализовать АОС «КПВДО “Гармония”», модуль «Теоретическая часть», которая будет проста и понятна для любого пользователя, для ее использования не нужно специального обучения. При этом она выполняет в основном все функции, необходимые для качественного обучения.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 34.003-90. Государственный стандарт союза СССР. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.

2. ГОСТ 34.201-89. Государственный стандарт союза СССР. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.

3. КП ВДО. Руководство оператора. Часть 1: Общие сведения ИВТЮ.10126-01 3401-1. – М.: Литера 2006.

4. КП ВДО. Руководство оператора. Часть 2: Редактор картографических данных ИВТЮ.10126-01 34 01-2. – М.: Литера 2006.

5. КП ВДО. Руководство оператора. Часть 3: Средства формирования атласов ЭК ИВТЮ.10126-01 34 01-3. – М.: Литера 2006.

6. КП ВДО. Руководство оператора. Часть 4: Редактор классификатора ЭК ИВТЮ.10126-01 34 01-4. – М.: Литера 2006

7. КП ВДО. Руководство оператора. Часть 5: Средства взаимодействия с БД ЭК ИВТЮ.10126-01 34 01-5. – М.: Литера 2006.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «НЕСЕНИЕ СЛУЖБЫ»

Студент гр. 352 А.В. Горковенко

Научный руководитель – А.В. Набатов

Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Организация службы охранного подразделения зависит от задач, поставленных перед охраной. В функции подразделения, осуществляющего охрану стационарного объекта, может входить самый разнообразный круг обязанностей. Тактические приёмы, используемые охраной, зависят от особенностей характеристик охраняемого объекта.

Стационарные объекты подразделяются [2]:

1) по степени важности или ценности – объекты особого режима (объекты оборонной промышленности, аэропорты и т.д.) или объекты, представляющие особую ценность (склады ценных материалов, дорогостоящих изделий и т.д.);

2) по типам – объект может быть закрытого типа (склады, хранилища, цеха закрытого производства и т.д.), имеющий ограниченный круг допущенных лиц и предусматривающий наличие строгой пропускной системы, или открытого типа (торговые павильоны, торговые площади, выставочные центры и т.д.), где в рабочее время вход свободный и пропускная система отсутствует;

3) по режиму охраны – круглосуточное несение службы или почасовое;

4) по виду охраны – объект предусматривает только внутреннюю охрану (отдельные помещения, здания, не имеющие своей территории, и т.д.), только наружную (открытые складские территории, отдельные закрытые сооружения и т.д.), или комбинированный вид охраны, например, когда охрана размещается внутри здания на территории объекта, имеющего свою, обозначенную (огражденную) территорию, где необходимы внутренний и наружный виды охраны;

5) по способу охраны – охранное подразделение размещается непосредственно на охраняемом объекте или прибывает по тревожному сигналу.

С учётом особенностей и состояния технической укрупнённости объекта определяется его категория сложности, на основе чего разрабатывается система охраны (концепция безопасности). Чем более совершенна технология применяемой системы охраны, тем более надёжно будет защищён охраняемый объект. В наши дни при охране объектов активно используют

технические средства, а именно средства инженерно-технической охраны. Это могут быть датчики движения, камеры видеонаблюдения и специальные автоматизированные системы, повышающие надёжность охраны объекта [1].

При организации несения службы для охраны объекта разрабатывается различная документация в зависимости от самого объекта. Изучаются и фиксируются в акте все показатели технического состояния объекта, из чего в дальнейшем выводится заключение о его технической укреплённости. Акт обследования объекта составляется представителями обеих сторон, со стороны охранного предприятия (подразделения) и организации-заказчика охранных услуг. Перед принятием решения о выставлении охраны на объект для несения службы необходимо убедиться в том, что по состоянию технической укреплённости объект соответствует необходимым требованиям (именно необходимым, полное соответствие редко возможно). К технической укреплённости объекта предъявляются следующие требования [3].

*Территория* не должна быть захламлена, должна иметь четко обозначенные границы и полностью очищена от кустарника для обеспечения беспрепятственного обхода (обзора) территории охраной. Отсутствие недоступных для охраны участков затруднит возможность организации злоумышленниками тайников на территории охраняемого объекта (например, для хранения инструментов взлома, похищенных материальных ценностей, подготовленных к выносу и т.д.). Деревья, растущие вблизи ограждения, прореживаются, а нижние сучья спиливаются на высоте не менее 0,5 м от верхнего края ограждения. Территория должна быть оборудована щитами, укомплектованными противопожарным инвентарем, ящиками с песком (бочками с водой), расположенными непосредственно возле охраняемых сооружений (хранилищ). Во избежание использования средств пожаротушения не по назначению щиты с противопожарным инвентарем опечатываются. Для курения должны быть отведены специальные места. Для возможности наблюдения за подступами к охраняемому объекту на территории могут быть установлены стационарные посты в виде наблюдательных вышек, оборудованных средствами связи и прожекторами, или видеокамеры, позволяющие отслеживать всё, происходящее на территории и за ее пределами. Пульт управления техническими средствами охраны может быть установлен в помещении поста охраны, КПП или специально в оборудованном для этого помещении, откуда оператором осуществляется постоянный видеоконтроль над объектом.

*Помещения* – административные (рабочие кабинеты) должны быть оборудованы сейфами (металлическими шкафами) для хранения служебной документации (информационных носителей) и ценных предметов (например, выставочный или образцовый экземпляр продукции и т.д.). Сейфы, в свою очередь, надежно крепятся к полу или капитальным стенам. Окна и двери должны иметь исправные замки и запирающие устройства, которые обеспечивают их надежное запираение, исключая случайное открытие, и позволяют правильно произвести пломбирование (опечатывание). Окна помещений нижних этажей, а также окна зданий, имеющих конструктивные особенности, позволяющие без специальных приспособлений достичь верхних этажей снаружи здания, оборудуются металлическими решетками. Чтобы оконные решетки не портили эстетичный вид здания, их можно выполнить в виде эмблемы-логотипа фирмы или оформить иначе, следуя рекомендациям дизайнеров, но не в ущерб их основному предназначению. В качестве альтернативы решеткам окна верхних этажей можно усилить специальной пленкой, существенно повышающей прочность стекла или установить уже готовые ударопрочные стекла, соответствующие требуемой степени защиты. Также изнутри окна могут быть оборудованы специальными датчиками, которые в случае попытки проникновения подадут сигнал на пульт управления техническими средствами охраны. Электросеть, питающую служебные помещения, следует отключать на электрощите, это сделает невозможной попытку злоумышленников воспользоваться оргтехникой (электроприборами, электроинструментами и т.д.) и предотвратит возникновение пожара, причиной которого может стать замыкание электропроводки или забытый кем-нибудь из персонала во включенном состоянии электроприбор. Помещения, не контролируемые охраной в силу отсутствия доступа, оборудуются сигнализацией.

*Освещение* – должно быть достаточным, позволяющим охране осуществлять визуальный контроль территории в темное время суток и исключать ослепляющий эффект. Осветительные приборы должны быть настроены так, чтобы в достаточной степени освещать все сооружения и объекты охраны, находящиеся на территории. Не допускается наружное освещение помещения охраны, наблюдательных вышек, постовых будок, основных маршрутов патрулирования и других участков, демаскирующих охранников. Если охраняемый объект контролируется камерами CCTV, то наличие на объекте аварийного освещения обязательно.

*Связь* – может быть как проводная, так и альтернативная (сотовая, радио и т.д.), как внутренняя (между постами охраны, охранниками

и т.д.), так и внешняя (выход на городскую АТС, связь с офисом (центральным постом) охранного предприятия и т.д.). Связь на охраняемом объекте должна быть обязательно дублированной, позволяющей, в случае выхода из строя одного вида аппаратуры (например, телефонного аппарата, повреждения телефонной линии и т.д.), воспользоваться другими средствами для экстренной связи. К средствам связи, питающимся от электросети, должен быть подведен автономный источник питания (желательно, чтобы его аварийное включение производилось автоматически). Энергетический запас автономного источника питания должен обеспечить бесперебойную работу средств связи, минимум, в течение 24 часов (то же относится к носимым средствам связи).

*Сигнализация* – должна обладать достаточным уровнем надежности (исключать ложное срабатывание, самопроизвольное отключение и т.д.) и перекрывать, в первую очередь, помещения (участки), не доступные для охранников. При оборудовании помещений техническими средствами охраны целесообразнее применять комбинированную систему сигнализации (охранно-пожарную), которая оповещает как в случае проникновения кого-либо в помещение (хранилище), так и в случае возникновения возгорания. Требования к источникам питания те же, что и к питанию средств связи. Пульт наблюдения за состоянием технических средств охраны устанавливается в помещении поста охраны (КПП) или специально оборудованной для этого комнате вместе с пультом управления инженерно-техническими средствами, где находится под постоянным контролем охраны (оператора). Если количество охранников в дежурной смене недостаточно для надежной охраны объекта, целесообразно установить тревожную сигнализацию с последующей сдачей на ПЦН.

Организация службы охранного подразделения зависит от задач, поставленных перед охраной. В функции подразделения, осуществляющего охрану стационарного объекта, может входить самый разнообразный круг обязанностей. Тактические приемы, используемые охраной, зависят от особенностей характеристик охраняемого объекта.

Наиболее целесообразным считается ввод специальных автоматизированных систем, которые снизят вероятность проникновения нарушителя на охраняемый объект и сократят число единиц личного состава, задействованного для охраны объекта. В развитых странах, используя передовые технологии, всю систему охраны можно построить на автоматизированной системе. Многие скажут, что это нецелесообразно, так как оборудование может выйти из строя, но за последнее время про-



изошел большой скачок в технологиях, а именно в аппаратно-программном комплексе. Сейчас можно создать такую систему, которая будет защищена как от хакерских атак, так и от физического воздействия, и степень защиты будет много выше, чем при охране объекта людьми, так как при этом исключается человеческий фактор.

Несомненно, необходимо применять автоматизированные системы для охраны объектов, так как человек будет осуществлять контроль за системой, а система будет контролировать охраняемый объект.

### **Библиографический список**

1. Мамиконов А.Г. Проектирование АСУ: учебник для спец. "АСУ" вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 480 с.

2. Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ): учебник. – М.: Высшая школа, 2006. – 223 с.

3. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 368 с.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТА РАДИАЦИОННОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Студент гр. 352 **Е.В. Папазов**

Научный руководитель – *А.В. Набатов*

Пермский военный институт внутренних войск МВД России

На современном этапе решающую роль в боевых действиях играет разведка, которая любыми методами добывает информацию о превосходящих силах противника для обеспечения безопасности и преимущества в ходе повседневной и боевой деятельности. И одним из важных видов разведки является организация действий отделений радиационной, химической и биологической защиты (РХБЗ) при ведении радиационного и химического наблюдения. Но, как известно, время не стоит на месте и заставляет человечество совершенствоваться как оружие, так и средства борьбы с ним.

На данный момент актуальной проблемой является разработка системы по контролю, сбору, обработке данных и информации о РХБ-обстановке, быстрой, достоверной и целостной передаче ее в расчетно-аналитическую группу для принятия решения, так как применение оружия массового поражения (ОМП) является одним из сильнейших средств по уничтожению и выводу из строя как личного состава, так и техники, кроме того, ОМП принято применять внезапно, без какого-либо предупреждения, что порой может играть решающую роль в исходе военных действий для любых силовых структур [1].

Создание автоматизированной системы поможет повысить скорость засечения случаев применения противником ОМП при помощи современных информационных технологий и средств сбора и обработки информации, современных датчиков контроля за химической обстановкой, дозиметрических приборов гамма-излучения с последующим занесением данных в специальное программное обеспечение для дальнейшей их передачи посредством сетевых технологий с поста РХБН в расчетно-аналитическую группу [1].

Данная система может применяться в таких силовых структурах, как:

- 1) Министерство обороны РФ,
- 2) внутренние войска МВД России,
- 3) ФСБ,
- 4) МЧС.

Также данная система будет актуальна на промышленных предприятиях, связанных с производством ядерного и химического оружия, на

атомных электростанциях, где важным фактором является оперативное устранение неисправностей, а также в случаях контроля за радиационным фоном для обеспечения безопасной деятельности работников предприятия [2].

На данный момент создание такой системы не представляет больших затрат и усилий, так как существует большой ассортимент устройств и датчиков для мониторинга радиационной и химической обстановки.

Основными устройствами, предназначенными для полного функционирования системы при ведении наблюдения, являются следующие:

- газоанализатор, предназначенный для определения присутствия в воздухе отравляющих веществ;
- дозиметр-радиаметр, предназначенный для определения уровня радиационного фона в случае применения противником ядерного оружия;
- блок сбора и передачи информации;
- метеокомплекс, предназначенный для определения метеоусловий;
- портативный компьютер, предназначенный для ведения мониторинга за обстановкой;
- блок аварийной сигнализации, срабатывающий в случае превышения нормальных показателей обстановки.

Основными целями автоматизированного поста РХБН являются:

- создание совершенно новой концептуальной системы, которая предоставляет возможность комплексного информационно-аналитического обеспечения процессов;
- повышение эффективности исполнения процессов путем сокращения непроизводительных и дублирующих операций, выполняемых «вручную», оптимизации информационного взаимодействия участников процессов;
- внедрение новейших технических средств по сбору данных об РХБО;
- повышение качества принятия управленческих решений за счет оперативности представления, полноты, достоверности и удобства форматов отображения информации;
- реализация максимально скрытного ведения наблюдения за обстановкой;
- повышение эффективности, оперативности и качества сбора данных об РХБО в любых районах выполнения задач;
- повышение уровня защиты данных при сборе и передаче информации.

Для реализации поставленных целей система должна решать следующие задачи:

- сбор информации при помощи программно-аппаратного комплекса;
- передача данных посредством современных сетевых технологий на удаленные устройства;
- обработка данных в любых условиях обстановки;
- обеспечение безопасности при ведении наблюдения за обстановкой при помощи современных датчиков движения;
- хранение и резервирование собранных данных непосредственно на посту РХБН;
- обеспечение защиты информации при передаче данных об обстановке;
- подтверждение сигналов тревоги с возможностью последующей проверки;
- возможность вывода на экран рабочего места по запросу оператора как текущих, так и сохраненных данных;
- регистрация сигналов тревоги, оповещение личного состава и хранение зарегистрированных данных;
- возможность автономного сбора данных об РХБО;
- ведение наблюдения на удаленных расстояниях и настройка параметров сбора данных.

В ходе написания доклада была выявлена актуальность автоматизации поста РХБН для силовых структур и промышленных предприятий. Также были определены цели, задачи, функции и технические средства, необходимые для реализации данной системы.

### **Библиографический список**

1. Бухтояров В.И. Учебник сержанта химических войск. – М.: Воениздат, 1988. – 263 с.
2. Покрышкин А.Б. Радиационная, химическая и биологическая защита: учебное пособие / под ред. Е.Н. Старшинова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 115 с.
3. ГОСТ 34.601–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
4. ГОСТ 34.602–89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание системы.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ РАДИОСТАНЦИЙ

Студент гр. 352 А.А. Пахомов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.В. Тарутин  
Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Внедрение автоматизированных систем в деятельность диспетчерских служб является важным шагом в комплексной автоматизации структурных подразделений, которые активно используют диспетчерские службы.

Автоматизация рабочих мест диспетчерских служб позволит улучшить качество несения службы диспетчерских смен и выполнения возложенных на них задач [1, 3].

Государственным учреждениям и службам общественной безопасности, коммунальным службам, промышленным компаниям и организациям необходимо, чтобы внутренние каналы связи были хорошо организованы и координировались комплексными центрами контроля и управления для обеспечения наиболее полного взаимодействия между различными структурными группами [2].

Поскольку в вышеперечисленных организациях имеется большое количество персонала, служащих и техники, то возникает необходимость в наблюдении и контроле за их работой при исполнении служебных обязанностей. При этом данные организации активно используют для связи с персоналом радиостанции оперативной связи. Поэтому целесообразно разрабатывать и внедрять такие системы, которые могли бы облегчить работу диспетчерских служб и дежурных смен [2, 5].

Когда необходимо найти наиболее простой способ контроля большого числа каналов связи, оптимальным решением становятся диспетчерские системы. Они позволяют интегрировать сложную сеть информационных ресурсов в единую систему [3].

Диспетчерские комплексы представляют собой цифро-аналоговые интерфейсные системы, позволяющие объединить различные по назначению и характеристикам каналы радио и телефонной связи в единую систему контроля, управления, коммутации, и обеспечивают решение следующих задач [5]:

- координацию деятельности подразделений, служб;
- оперативное управление их работой;
- обеспечение оперативной связи между радиоабонентами.

При современном развитии средств радиосвязи множество радиостанций оборудуется модулями GPS-навигации и возможностью

передачи статусных сообщений о работе радиостанции, что позволяет использовать цифровой канал связи для их мониторинга в диспетчерских службах [5].

Главной целью данной статьи является раскрытие возможностей и актуальности создания автоматизированной системы, позволяющей наблюдать оператору системы за работой радиостанций и удаленно контролировать перемещение и нахождение их в радиосети, соблюдение правил радиообмена между абонентами и автоматическое заполнение аппаратных журналов [3].

Можно выделить следующие цели автоматизированного варианта решения задачи:

- предоставление возможности оперативного контроля работы радиостанций для координации деятельности;
- повышение эффективности выполнения процессов путем автоматизации операций, выполняемых «вручную», оптимизации информационного взаимодействия участников процессов [2, 3];
- повышение качества принятия управленческих решений за счет оперативности представления, полноты, достоверности и удобства форматов отображения информации [2];
- сокращение времени обработки и получения данных [3];
- повышение эффективности хранения полученных данных и их хранения [3];
- повышение степени достоверности данных [3].

На основе проведенного анализа можно выделить следующие функции, которые должна реализовывать система:

- отслеживание перемещения техники;
- отслеживание появления посторонних средств связи в рабочей радиосети;
- автоматическое заполнение журналов контроля прохождения информации и аппаратных журналов;
- определение владельца радиостанции при передаче, от кого и к кому осуществляется передача;
- сохранение в БД данных о работе радиостанций;
- ведение учета радиостанций, которые при включении объявляют свое присутствие в радиосети;
- интегрирование с существующими средствами связи.

Разрабатываемая система не является концептуально новой идеей в данной сфере деятельности, и, конечно, у нее есть аналоги.

Автоматизированная система мониторинга работы радиостанции (АСМРР) – это диспетчерский программный комплекс, который решает задачу построения автоматизированной системы диспетчерской связи и реализует все преимущества цифровых систем и радиостанций.

Концепция построения новой системы основана на принципе распределенного управления, которая не требует наличия центрального коммутационного блока даже при использовании нескольких диспетчерских мест. Она позволяет создать систему управления 24 каналами радио- и телефонной связи, объединяет до 30 диспетчерских консолей и до 15 диспетчерских мест в единую коммуникационную систему.

Основой системы является базовый блок (цифровой коммутатор), в который устанавливаются интерфейсные модули. Несколько базовых блоков могут быть соединены между собой. Это позволяет создавать большие и протяженные системы. Базовые блоки могут располагаться на любом расстоянии друг от друга, соединяясь с помощью любой магистрали связи. Возможно соединение блоков с помощью оптоволоконной системы. Наличие встроенного интерфейса позволяет подключаться непосредственно к магистральным трактам, исключая необходимость покупки отдельных мультиплексоров [5].

При создании АСМРР на ПЭВМ большая часть программных модулей составляется на основе базы данных, имеется несколько вариантов организации их взаимодействия, основанных как на свойствах базы данных, так и на особенностях операционных систем. При проектировании большой прикладной системы с самого начала необходимо решить несколько принципиальных вопросов, касающихся общей структуры системы и способа взаимодействия отдельных компонентов. В частности, необходимо учитывать взаимодействие технических средств (радиостанций) и ПЭВМ, а также программного обеспечения.

Возможность групповой коммутации (конференции) позволяет любому оператору получать одновременный доступ к любому числу внешних каналов, а также направлять аудиосигнал из любого радио- или телефонного канала на выбранный аудиоприбор (радиоканал, громкоговоритель или телефон). Это также позволяет оператору коммутировать радио- и телефонные каналы и присоединиться к разговору или выйти из него в любой момент [6].

Цифровая технология коммутации позволяет бесшумно и максимально быстро коммутировать любые радио- и телефонные каналы. 8 дискретных входов и 8 дискретных выходов на базовом блоке обеспечивают реализацию элементарных функций телеметрии/управления

(дистанционного открытия/закрытия дверей, включения/выключения огней и т.д.).

АСМРР – специально разработанный продукт, отвечающий требованиям профессиональных пользователей:

- полиции;
- силовых структур;
- служб общественной безопасности;
- специальных служб;
- спасателей;
- экстренных служб.

При этом самое современное оборудование по стоимости не превышает стоимость радиостанций предыдущего поколения (системные продукты для сетей LTR, MPT, P25), а новое поколение цифровых радиостанций серии NX-220/320 незначительно превышает стоимость полнофункциональной аналоговой радиостанции, что делает их доступными и привлекательными для более широкого круга пользователей профессиональной радиосвязью [5].

Функции, которые можно осуществить с помощью данной системы:

- групповой вызов;
- селективный вызов;
- отправка статусных сообщений;
- отправка коротких сообщений;
- запрос статуса радиостанции;
- контроль статуса радиостанции;
- переключение зон/каналов радиостанции;
- запрос GPS-данных от радиостанции;
- контроль состояния приема радиостанции;
- контроль состояния передачи радиостанции;
- контроль состояния режима временной деактивации радиостанции;
- дистанционный запрос статуса радиостанции;
- дистанционный запрос начала автоматической отправки GPS-данных от радиостанции;
- дистанционный запрос окончания автоматической отправки GPS-данных от радиостанции;
- дистанционный запрос интервала времени автоматической отправки GPS-данных от радиостанции;
- дистанционное изменение интервала времени автоматической отправки GPS-данных от радиостанции;



- дистанционное временное отключение радиостанции;
- дистанционное отключение радиостанции;
- удаленный мониторинг (прослушивание) радиостанции.

Программное обеспечение разработано для работы в простых диспетчерских системах и позволяет отправлять и получать предварительно сохраненные сообщения либо сообщения произвольного содержания, а также информацию о расположении абонентов, передаваемые через систему связи. Имеется возможность использования собственных электронных карт клиента, которые могут быть отсканированы. Эта возможность позволяет использовать имеющиеся географические карты любого района.

Исходя из всего вышеизложенного, видно, что диспетчерские системы имеют большой набор функций и, следовательно, широкое применение.

### **Библиографический список**

1. Мамиконов, А.Г. Проектирование АСУ: учебник для спец. "АСУ" вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – С. 303–480.
2. Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ): учебник. – М.: Высшая школа, 2006. – 223 с.
3. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 368 с.
4. Системы и сети цифровой радиосвязи: учебное пособие / Н.И. Листопад, В.М. Козел, К.Л. Горбачев, К.И. Ковалев. – М.: Изд-во Гревцова, 2009. – 200 с.
5. Балувевский Ю. Системы управления, связи и радиоэлектронной борьбы. Т. XII. – М.: Оружие и технология, 2006. – 695 с.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Студент гр. 352 В.Д. Сивоконев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.В. Тарутин*  
Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Разработка нового проекта в направлении баз данных правовой информации является актуальной на сегодняшний день в силу того, что организация работы секретно-картографического отделения (СКО) – это одна из важных составляющих деятельности штаба.

Эффективное и качественное управление СКО, основанное на применении информационных технологий, является одним из основных условий для успешного развития.

В СКО разработки по автоматизации деятельности начались недавно, но, несмотря на это, были накоплены теоретические и практические знания, необходимые для основательной разработки системы.

Внедрение автоматизированной информационной системы в СКО является важным шагом в комплексной автоматизации всей воинской части.

Целью разработки является создание информационной модели, способной содержать и распространять всю необходимую рабочую информацию, которая будет достоверной. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучены проблемы организации управления;
- изучен процесс управления в СКО;
- проанализирована деятельность СКО и построена процессная модель;
- спроектирована модель базы данных системы;
- составлено техническое задание на создание автоматизированной информационно-правовой системы;
- проанализированы результаты проделанной работы.

Изучая структуру деятельности органа, через который проходит вся информация в воинскую часть, были изучены документы, согласно которым любое СКО имеет стандартный набор информационных входов и выходов, а также руководствуется в своей деятельности минимальным набором управляющих воздействий на основе имеющихся механизмов [2]. На основании этого была создана информационная модель функционирования СКО в нотации IDEF0 (рис. 1).

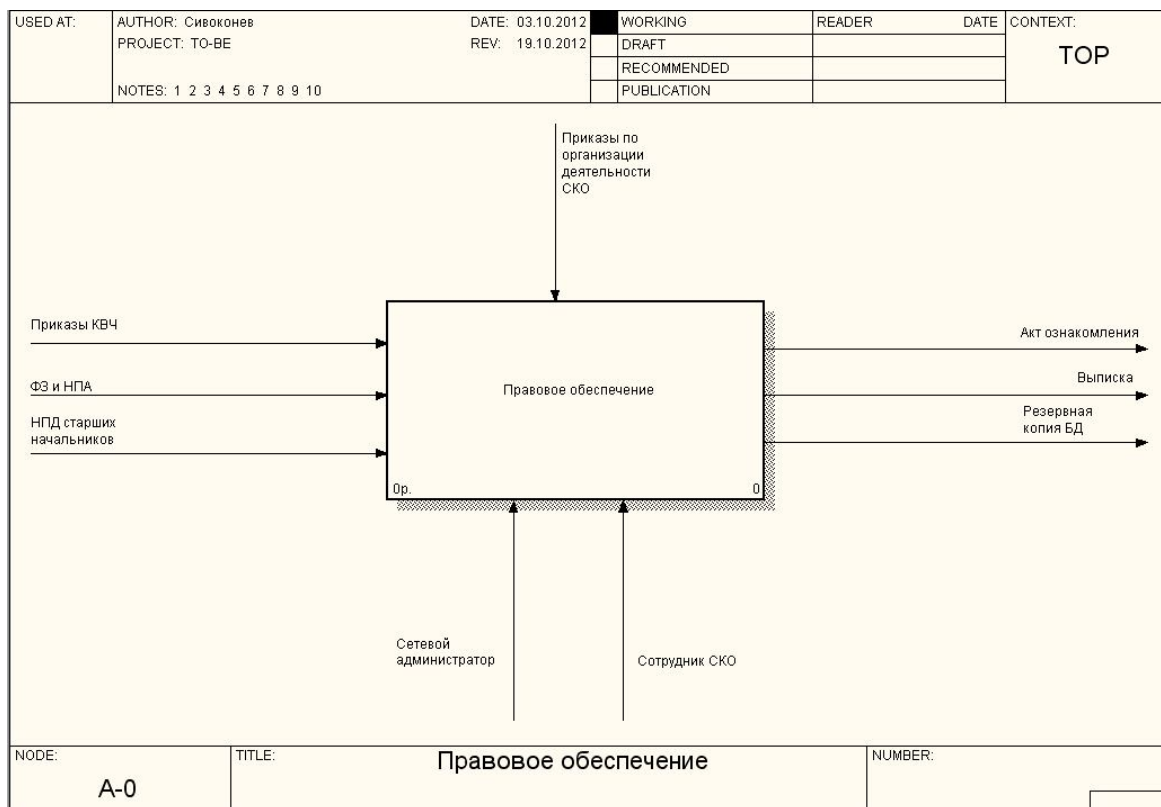


Рис. 1. Модель «ТО-ВЕ»

К информационным входам СКО относятся следующие потоки:

- приказы командира воинской части;
- нормативно правовые документы (НПА) старших начальников;
- федеральные законы (ФЗ) и нормативно правовые акты (НПА).

В соответствии с перечисленными информационными входами у СКО должны быть следующие информационные выходы:

- журнал учета приказов воинской части;
- журнал учета НПА старших начальников;
- акт ознакомления.

Деятельность СКО управляется извне посредством директивной и нормативной документации ГКВВ МВД России.

Изучение деятельности СКО позволяет создать такой программный комплекс, который будет удовлетворять всем требованиям воинской части и выполнять все необходимые функции, которые занимают большое количество времени.

Основным процессом с точки зрения цели функционирования программного комплекса является «обеспечение приказами командира воинской части, НПА старших начальников». В нем происходит непосредственно обеспечение всей необходимой документацией. Ответственным за выполнение процесса является начальник СКО [1].

На рис. 2 изображена схема процесса занесения служебной документации в базу данных программного комплекса. Сетевой администратор контролирует процесс занесения информации, что позволяет гарантировать достоверность информации, находящейся в хранилище.

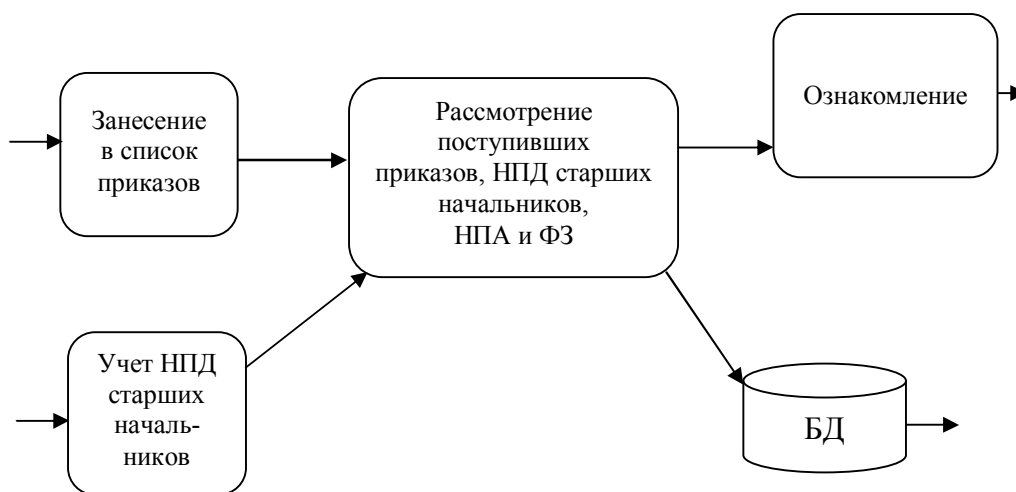


Рис. 2. Структура схема АПИСС «ИНФОРМ»

Реализуя систему занесения информации, необходимо также рассматривать устройство локальной сети и реализации хранения всего потока данных. Программный комплекс «Учет, хранение, передача и распространение приказов, приказов старших начальников и нормативно-правовых документов» построен по модульному принципу. Структура программного обеспечения учета, хранения, передачи и распространения приказов, приказов старших начальников и нормативно-правовых документов показана на рис. 3.

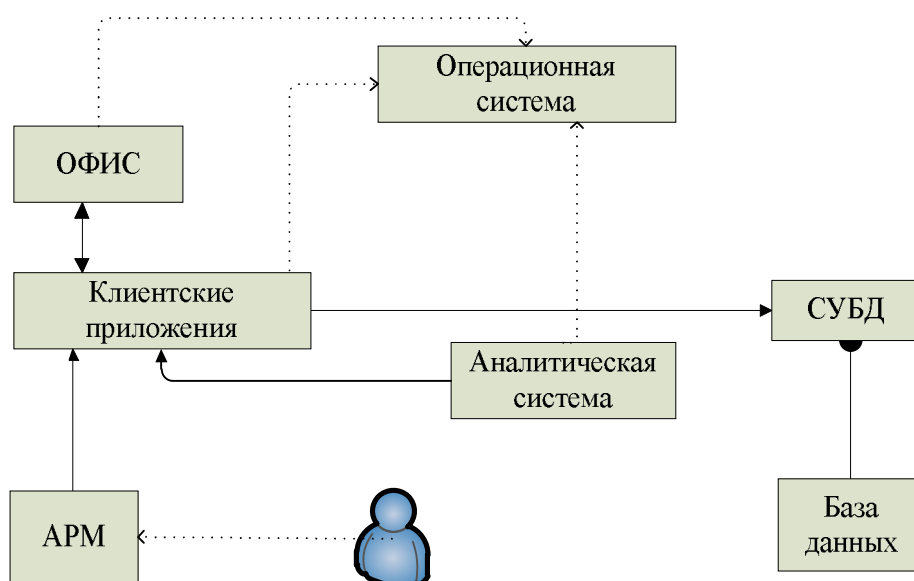


Рис. 3. Структура программного обеспечения АПИСС «ИНФОРМ»

Данная структура реализации позволяет наиболее эффективно использовать ресурсы системы и распространять информацию с максимальной скоростью. Данная логическая структура позволяет увидеть принцип построения сети, ее программно-аппаратный комплекс и реализовать все компоненты системы.

На рисунке изображены следующие компоненты программного обеспечения: операционная система, аналитическая система, клиентские приложения, СУБД и MS Office 2007.

Все компоненты работают под управлением операционной системы. В данном случае в качестве операционной системы используется *Windows XP*.

Клиентские приложения получают доступ к базе данных через СУБД, работающую на сервере данных. Взаимодействие с СУБД осуществляется через прикладной интерфейс [2].

При работе системы активно используется офисное программное обеспечение (MS Office 2007). Оно используется как независимо, так и во взаимодействии с клиентскими приложениями программного комплекса «Учет, хранение, передача и распространение приказов, приказов старших начальников и нормативно-правовых документов».

Это позволяет обеспечить высокую отказоустойчивость и легкость введения автоматизированной информационно-справочной системы в части ВВ МВД России. Вся информация, содержащаяся в базе данных, находится на сервере. Пользователи могут только воспользоваться информацией с сервера, при этом она копируется в оперативную память ПЭВМ пользователя, что обеспечивает невозможность изменения исходной информации и возможность использовать один и тот же файл множеством пользователей.

Программный комплекс создавался таким образом, чтобы все пользователи могли комфортно себя чувствовать при работе с автоматизированной информационно-правовой системой. Он создавался на основе интерфейсов наиболее популярных клиентских приложений и может быть освоен без дополнительной помощи.

Задачами создания автоматизированной информационно-справочной системы являлись разработка технического задания, создание программного комплекса и удобного интерфейса. Для их реализации были выполнены следующие этапы:

- произведено инфологическое обследование процесса циркуляции документации в воинской части;
- спроектирована модель базы данных системы;

- спроектирована контекстная диаграмма потоков данных;
- разработано техническое задание на автоматизированную информационную систему «Учет, хранение, передача и распространение картографических данных»;
- создан программный комплекс «Информ».

По окончании работы был создан рабочий продукт, использующий в своей основе базу данных. Удалось добиться высокой надежности системы. Автоматизированная информационно-справочная система проста в своем использовании и может применяться не только в воинских частях. Она может быть изменена для любого другого гражданского учреждения.

### **Библиографический список**

1. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 352 с.
2. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 258 с.
3. Григорьев А.А., Тарутин А.В., Набатов А.В. Теория принятия решений. – Пермь, 2011.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА ГИС «КПВДО ГАРМОНИЯ», МОДУЛЬ «ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ»**

**Студент гр. 352 В.М. Подаев**

Научный руководитель – *А.В. Стародумов*

Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Внедрение автоматизированных обучающих систем в деятельность служб является важным шагом в комплексной автоматизации структурных подразделений, которые активно используют информационные технологии в своей деятельности.

Развитие информационных технологий предоставило новую уникальную возможность проведения занятий с внедрением автоматизированных обучающих систем по дисциплинам в вузах. Она, во-первых, позволяет самому обучаемому выбрать время и место для обучения, во-вторых, дает возможность использовать в обучении новые информационные технологии, в-третьих, в определенной степени сокращает расходы на обучение. С другой стороны, внедрение в образование новых автоматизированных обучающих систем усиливает возможности индивидуализации обучения.

Достоинствами автоматизированных обучающих систем являются:

- во-первых, их мобильность;
- во-вторых, доступность связи с развитием компьютерных сетей;
- в-третьих, адекватность уровню развития современных научных знаний.

Создание АОС способствует также решению и такой проблемы, как постоянное обновление информационного материала. В них также может содержаться большое количество упражнений и примеров, могут подробно иллюстрироваться в динамике различные виды информации. Кроме того, при помощи АОС осуществляется контроль знаний – компьютерное тестирование.

Таким образом, создание определенной АОС является не только приобщением к информационным технологиям, но также способствует переходу к более самостоятельному изучению материала, а также мгновенной проверке полученных знаний.

По своему масштабу АОС в сфере высшего образования могут быть образовательными системами кафедры, университета, направления подготовки (специальности), консорциума вузов. В промышленности АОС могут создаваться компаниями, проводящими регулярные мероприятия по повышению квалификации своих сотрудников.

Можно выделить следующие цели автоматизированного контроля знаний:

- получение полного отчета по обучению;
- повышение эффективности выполнения процессов путем автоматизации операций, выполняемых «вручную», оптимизации информационного взаимодействия участников процессов [2], [3],
- предоставление рекомендации обучаемому по итогам тестирования;
- сокращение времени обработки и получения данных [3];
- повышение эффективности хранения полученных данных [3];
- повышение степени достоверности данных [3].

На основе проведенного анализа можно выделить следующие функции, которые должна реализовывать система:

- отслеживание хода обучения;
- выдача рекомендаций;
- автоматическое заполнение ведомости контроля знаний;
- сохранение в БД данных об обучаемом и его процессе обучения;
- продолжение обучения с места его остановки;
- объективность выставления оценки.

После проведения анализа результатов, полученных существующими системами контроля знаний, в которых контроль осуществлялся при непосредственном участии преподавателя, проверяющего теорию при помощи контрольных и письменных работ, можно переходить к проверке практических заданий.

В данном модуле контроль будет осуществлять сама система, в которой прописан контроль согласно четырехбалльной системе оценки знаний, а также вывод качественного процента усвоения знаний

### **Библиографический список**

1. Мамиконов А.Г. Проектирование АСУ: учебник для спец. "АСУ" вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – С. 303–480.
2. Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ): учебник. – М.: Высшая школа, 2006. – 223 с.
3. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 368 с.



# СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОТОРМОЗОВ

Студент гр. 107619 В.Е. Бендына

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*  
Белорусский национальный технический университет

Механизмы грузоподъемных машин должны быть снабжены надежными тормозными устройствами, обеспечивающими в механизмах подъёма остановку груза и удержание его в подвешенном состоянии, а в механизмах передвижения и поворота – остановку механизма на определенной длине тормозного пути.

Целью данной работы является рассмотрение основных видов электротормозов, применяемых в электродвигателях, и их классификация.

Тормозные устройства грузоподъемных машин классифицируются по следующим признакам [1]:

1. По конструктивному исполнению рабочих элементов различают тормоза колодочные, рабочим элементом которых является колодка; ленточные – с рабочим элементом в виде гибкой ленты; дисковые – с рабочим элементом в виде целых колец или отдельных сегментных колодок; конические – с рабочим элементом в виде конуса.

2. По принципу действия различают автоматические, замыкающиеся при отключении двигателя механизма, и управляемые, замыкающиеся или размыкающиеся при взаимодействии обслуживающего персонала на орган управления тормозом.

3. По назначению различают тормоза стопорные, которые останавливают механизм, и тормоза, которые ограничивают скорость движения в определенных пределах в течение всего периода работы.

4. По характеру действия приводного усилия различают тормоза нормально-замкнутые, замыкающиеся под действием внешней силы, а размыкающиеся – при включении привода; нормально-разомкнутые, замыкающиеся при включении привода, а размыкающиеся под действием внешнего размыкающего усилия; комбинированные, работающие в нормальных условиях как тормоза нормально-разомкнутые, а в аварийных условиях – как тормоза нормально-замкнутые действием замыкающего усилия.

К тормозам предъявляются следующие основные требования: достаточный тормозной момент для заданных условий работы; быстрое замыкание и размыкание; достаточная прочность и долговечность элементов; простота конструкции, определяющая малую стоимость изготовления; удобство осмотра, регулирования и замены износившихся

деталей; устойчивость регулирования; минимальный износ трущихся элементов; минимальные габариты и масса; высокая теплоотдача.

В настоящее время в электродвигателях наиболее используемыми являются дисковые тормоза и электромагнитные.

Наиболее знаменитыми фирмами, занимающимися продажей и поставкой электротормозов, являются фирмы *KEB*, *Maayr*, *Mico* и другие [3].

Эти фирмы выпускают тормоза нескольких типов:

1) COMBINORM – эти приводимые в действие рабочим током тормоза и сцепления используют сконцентрированный на полярных плоскостях силовой поток электромагнита для соединения, отсоединения и удержания валов и подсоединенных к ним грузов (подключенных нагрузок). COMBINORM содержит полную программу тормозов, сцеплений и комбинаций, встраиваемых и подключаемых элементов для применения в машинах, сооружениях и приборах с диапазоном применения от 0,5 до 500 Nm [2];

2) COMBISTOP – это электромагнитные, пружинные тормоза нормально-закрытого типа с двумя плоскостями для сухого движения, тормозная сила которых достигается за счет взаимодействия пружин и электромагнитного поля катушки. По своим техническим характеристикам выполняются для динамических и статических нагрузок со степенью защиты IP66[2];

3) COMBIPERM – это электромагнитные разомкнутые тормоза и сцепления с постоянным магнитом для сухого движения, магнитный поток которых генерируется постоянным магнитом. При отключенном напряжении этот эффект позволяет соединять валы и безопасно тормозить [2].

В ходе проведенных исследований было установлено, что на сегодняшний день многие фирмы занимаются выпуском электротормозов разных типов. Электротормоза в электродвигателях являются неотъемлемой частью конструкции привода, они обеспечивают остановку двигателя в нужный момент. Важно постоянно держать тормоза в пригодном состоянии и периодически проводить их технический осмотр.

### Библиографический список

1. Грузоподъемные машины / М.П. Александров [и др.]; под общ. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.
2. КЕВ-Привод [Электронный ресурс] / ООО КЕВ-Рус. – М., 2004. – URL: <http://www.keb-privod.ru/Katalog/Elektromagnitnaya-tehnika.html> (дата обращения: 4.12.2012).
3. ProduZon – каталог промышленных товаров с указанием производителя [Электронный ресурс] / ProduZon. – М., 2009. – URL: <http://www.produzon.ru/> электромагнитные-тормоза (дата обращения: 4.12.2012).

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Студенты гр.107639 **Е.Ю. Телеш, Д.И. Постников**,  
Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*  
Белорусский национальный технический университет  
информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Искусственные нейронные сети представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты, особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам [1]. И тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение [2]. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумлённых», частично искаженных данных.

Способности нейронной сети к прогнозированию напрямую следуют из ее способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать будущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и/или каких-то существующих в настоящий момент факторов. Следует отметить, что прогнозирование возможно только тогда, когда предыдущие изменения действительно в какой-то степени определяют будущие [2].

В данной работе исследуется применение искусственных нейронных сетей в системах электропривода, в оценке состояния его работоспособности и ПИД-регуляторах.

Способность нейронных сетей к обучению и прогнозированию даёт возможность использовать их в электроприводе, а именно в оценке состояния его работоспособности. Задачу поиска неисправностей

в электроприводах можно рассматривать как нахождение зависимости между признаками неисправности в момент отказа (выходным данным) и видом неисправности (входными данными). Набор входных данных, полученный при исследовании электропривода (вектор состояния), отражает минимум, по которому можно определить его состояние. Данные представляют собой последовательность числовых значений-координат переходной характеристики (в векторной форме), снятых через определенные, равные промежутки времени. При постановке задачи для обучения нейросетей исходят из того, что диагностическая система должна выбрать один из предполагаемых диагнозов из заданного набора на основании параметров привода, по которым производится оценка его состояния.

В некоторых *системах автоматического управления* для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимой точности и качества переходного процесса используют ПИД-регуляторы. Они имеют плохие показатели качества при управлении нелинейными и сложными системами, а также при недостаточной информации об объекте управления. Характеристики регуляторов в некоторых случаях можно улучшить с помощью методов нечеткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов. Перечисленные методы за рубежом называют «soft-computing», подчеркивая их отличие от «hard-computing», состоящее в возможности оперировать с неполными и неточными данными. В одном контроллере могут применяться комбинации перечисленных методов (фаззи-ПИД, нейро-ПИД, нейро-фаззи-ПИД регуляторы с генетическими алгоритмами) [3].

Основным недостатком нечетких и нейросетевых контроллеров является сложность их настройки (составление базы нечетких правил и обучения нейронной сети).

Выполненная работа позволила выявить основные возможности применения нейронных сетей и перспективы их дальнейшего развития.

### **Библиографический список**

1. Электроэнергетика. Новые технологии: материалы электрон. конф. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.online-electric.ru/articles.php?id=29>. (дата обращения: 04.12.2012).
2. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная\\_нейронная\\_сеть](http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть) (дата обращения: 28.11.2012).
3. Нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы [Электронный ресурс]. – URL: [http://bookasutp.ru/Chapter5\\_7.aspx](http://bookasutp.ru/Chapter5_7.aspx) (дата обращения: 10.12.2012).

# ЭВОЛЮЦИЯ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ И ОЦИФРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Студентка .гр. 10ПВ1 К.А. Моисеева,  
аспирантка А.Н. Бубляева**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *О.А. Вдовикина*  
Пензенский государственный университет

Технологические процессы сопровождаются операциями контроля. В процессах, связанных с обработкой материалов, применяется визуальный контроль, например, локализация микро- и нанотрещин, поверхностей и определение измерений ширины раскрыва.

На сегодняшний день существуют современные средства визуализации: оптические, цифровые, лазерные, электронные микроскопы, в сочетании с которыми можно использовать веб-камеру.

Оптическая система микроскопа состоит из основных элементов – объектива и окуляра. Увеличение оптического микроскопа без дополнительных линз между объективом и окуляром равно произведению их увеличений.

Цифровой микроскоп – это единый комплекс, объединяющий оптическую либо электронно-лучевую систему получения данных (собственно микроскоп), систему кодирования (цифровая камера) и систему обработки данных (компьютер).

К основным достоинствам цифрового микроскопа можно отнести точную передачу формы, границы и цвета объекта, возможность выполнения разнообразных тонких работ, сохранение результатов исследования (как промежуточных, так и конечных), возможность производить наблюдения на большом экране, возможность редактирования изображения, а также применения компьютерных методов анализа результата, например измерение.

Микровизоры проходящего света представляют собой новое поколение приборов для изучения микромира. Они сочетают в себе достоинства оптики микроскопов с удобством визуализации изображения на ЖК-дисплее, цифровой обработкой и преимуществами системы освещения на основе светодиодных источников. Достоинство микровизоров – мобильность.

Изображения сверхмалых объектов с разрешающей способностью 1–10 нм, по мнению ряда исследователей, могут быть получены с помощью флуоресцентного микроскопа. Флуоресцентный микроскоп – специализированный световой микроскоп, получающий сверхмалые

изображения с использованием явления флюоресценции (люминесценции), в том числе под действием ультрафиолетового излучения.

Используя веб-камеру для получения изображений, мы воспользовались возможностями оптического зума. Оптический зум (optical zoom) – это характеристика объектива динамически варьировать фокусное расстояние, что в результате позволяет приближать или отдалять изображение. Применение веб-камеры оправданно в том случае, когда нет возможности получить микрошлиф или когда расстояние между объективом и образцом слишком мало, или когда невозможно воспользоваться микроскопом.

Нашим объектом исследования был фрагмент асфальтобетона с размерами  $0,07 \times 0,05 \times 0,01$  м (рис. 1). На рис. 2 и 3 приведены снимки, сделанные с помощью веб-камеры 4tech и линзы с 8-кратным увеличением, установленной между веб-камерой и объективом, в режиме 2-кратного зума (см. рис. 2) и 10-кратного зума (см. рис. 3).

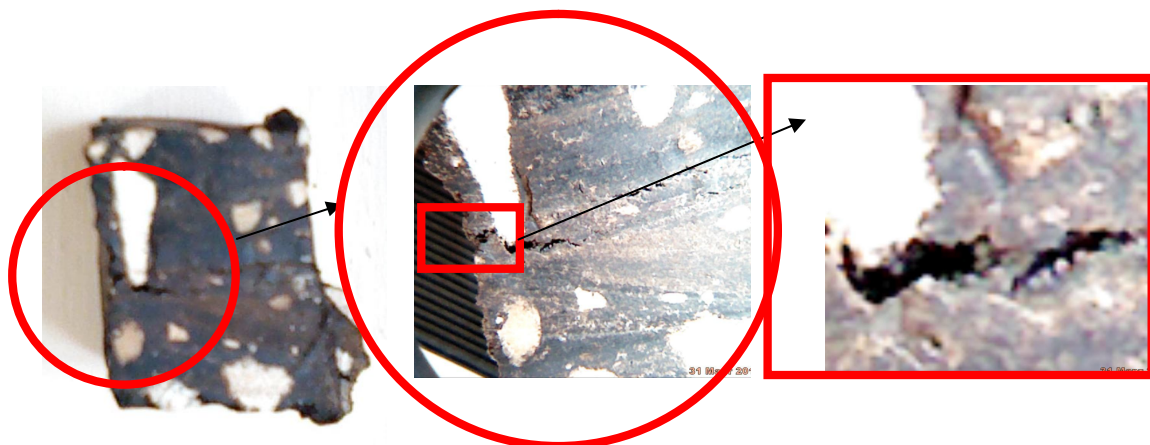


Рис. 1. Фрагмент асфальтобетона

Рис. 2. 2-кратное увеличение

Рис. 3. 10-кратное увеличение

В обоих случаях расстояние между объектом и линзой составило около 2 см. При 2-кратном увеличении отчетливо видны трещины, но недостаточно увеличения для измерения. При 10-кратном увеличении измерение возможно, но проявляется зернистость изображения.

Проводя исследования возможности веб-камер, мы хотели избавиться от таких недостатков, присущих оптическим микроскопам, как малые размеры объекта наблюдения и работа на просвет.

В результате исследования возможностей веб-камер получены снимки удовлетворительного качества, соответствующие более чем 10-кратному увеличению. Направление дальнейших исследований – получить устройство, сочетающее достоинства оптических и цифровых микроскопов, включая возможности измерений размеров.

# АЛГОРИТМ ПРИВЕДЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ИЗВЕСТНОГО СОСТАВА К ЗАДАННОМУ МЕТОДОМ МИНИМАЛЬНЫХ ДОБАВОК КОМПОНЕНТОВ

**Аспирант С.И. Сташков**

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *А.Г. Шумихин*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В химической, нефтяной, нефтеперерабатывающей и многих других отраслях промышленности большое число видов продукции происходит путем смешения некоторых исходных компонентов для получения гомогенизированного продукта заданного состава. Во всех случаях целью процесса приготовления многокомпонентной смеси является приведение показателей ее качества в соответствие с предъявляемыми к ним требованиями [1]. Соответствие показателей качества продукции заданным требованиям достигается при определенном количественном соотношении компонентов смеси, которое задается рецептурой.

На практике часто возникает задача, когда приведение многокомпонентной смеси известного состава к заданному, например, техническими условиями или стандартом на товарную продукцию, связано с ограничениями на объем резервуара (емкости) для хранения перед отгрузкой потребителям или на имеющееся количество компонентов или их смесей, добавлением которых осуществляется «стандартизация» состава товарной продукции. Процесс стандартизации состава может быть осуществлен как добавлением (дозированием) компонентов в емкости для хранения продукции, так и непосредственно на потоке с помощью системы автоматического регулирования соотношения расходов стандартизуемого основного продукта, поступающего на смешение, и стандартизирующих добавок.

В обоих рассмотренных вариантах, при известных составах основного продукта и добавок, необходим расчет количества или расхода добавок, алгоритм которого включается в состав задач системы автоматизации управления технологическим процессом, то есть существует задача приведения смеси известного состава к заданному методом минимальных добавок компонентов, решение которой может быть осуществлено с применением второго правила приведения сложных смесей, впервые сформулированного М.Ф. Нагиевым [2] для процессов

нефтепереработки, которые можно распространить, очевидно, на смеси жидких, твердых и газообразных компонентов как гомогенных, так и гетерогенных.

Обозначим массу исходной смеси  $m_{н.см.}$ , а массовые доли компонентов  $A, B, C, \dots, K$  в исходной смеси  $\omega'_A, \omega'_B, \omega'_C, \dots, \omega'_K$ , в требующейся –  $\omega_A, \omega_B, \omega_C, \dots, \omega_K$ .

Пусть даны массы компонентов исходной смеси  $m'_A, m'_B, m'_C, \dots, m'_K$  и массовые доли требующейся конечной смеси  $\omega_A, \omega_B, \omega_C, \dots, \omega_K$ , тогда массовые доли компонентов в исходной смеси будут определяться выражением:

$$\omega'_i = \frac{m'_i}{m_{н.см.}}, \quad i = \overline{A, K}, \quad (1)$$

где  $m'_i$  – масса компонента в исходной смеси;  $m_{н.см.}$  – масса исходной смеси.

Основной величиной, которой следует руководствоваться в случае приведения многокомпонентных смесей согласно [2], является критерий приведения смесей  $Kn$ , равный отношению массовых долей компонентов в исходной и требуемой смесях:

$$Kn_i = \frac{\omega'_i}{\omega_i}, \quad i = \overline{A, K}. \quad (2)$$

В соответствии с вторым правилом приведения смесей [2] необходимо добавку компонента с максимальным критерием приведения смеси  $Kn$  принимать равной нулю:

$$\Delta m_i = 0. \quad (3)$$

Поскольку в этом случае массы компонента с максимальным критерием приведения смеси в исходной и конечной смесях будут равны, то согласно выражению

$$m_{к.см.} = m_{н.см.} + \sum_{i=A}^K \Delta m_i \quad (4)$$

массу конечной смеси можно определить в соответствии с выражением

$$m_{к.см.} = \frac{m'_i}{\omega_i}. \quad (5)$$

Массы компонентов в конечной смеси определяются как

$$m_i = \omega_i \cdot m_{к.см.}, \quad i = \overline{A, K}. \quad (6)$$



Добавка  $i$ -го компонента для получения конечной многокомпонентной смеси известного состава будет следующей:

$$\Delta m_i = m_i - m'_i, \quad i = \overline{A, K}. \quad (7)$$

Задача усложняется, когда для получения конечной смеси известного состава в заданную смесь приходится добавлять вновь вводимые компоненты  $L, M, N, \dots, Q$ , определяемые, например, составами «стандартизирующих» добавок. В этом случае уравнение (4) примет вид:

$$m_{к.см.} = m_{н.см.} + \sum_{i=A}^K \Delta m_i + \sum_{j=L}^Q \Delta m_j. \quad (8)$$

Причем

$$\sum_{i=A}^K \omega_i + \sum_{j=L}^Q \omega_j = 1 \quad (9)$$

и

$$\sum_{i=A}^K (\omega'_i - \omega_i) + \sum_{j=L}^Q \omega_j = 0. \quad (10)$$

По способу измерения количества подаваемого вещества различают объемное и массовое (весовое) дозирование, поэтому массовые доли веществ в вышепредставленных выражениях могут быть заменены объемными долями, а массы веществ (компонентов) – объемами [1].

По характеру подачи материала (компонентов) различают порционное и непрерывное дозирование, которое при автоматизированном приведении смеси к известному составу можно осуществить системой управления расходами компонентов и их соотношениями.

Алгоритм приведения смеси известного состава к заданному методом минимальных добавок компонентов будет представлять собой последовательность следующих операций:

1. Определение (измерение) массовых (объемных) долей компонентов в исходной смеси и, при необходимости, в добавках, представляющих собой не индивидуальные компоненты, а их смеси;
2. Расчет критерия приведения смеси для каждого компонента;
3. Нахождение компонента с максимальным значением критерия приведения смеси и принятие добавки этого компонента равной нулю;
4. Определение массы конечной смеси;
5. Определение массы компонентов в конечной смеси;
6. Определение добавки для получения конечной многокомпонентной смеси известного состава.

Для осуществления в автоматизированной системе управления расходами компонентов нагруженного резервирования (программного) алгоритма приведения смеси известного состава к заданному методом минимальных добавок компонентов разработан избыточный, по отношению к выше рассмотренному, алгоритм, основанный на решении следующей ниже сформулированной задачи линейного программирования, в которой целевая функция, заданная в виде линейной формы, имеет вид:

$$R(m) = \sum_{i=A}^K \rho_i \Delta m_i + \sum_{j=L}^Q \rho_j \Delta m_j \rightarrow \min, \quad (11)$$

где  $\rho_i$  и  $\rho_j$  – плотности компонентов,  $i = \overline{A, K}$ ;  $j = \overline{L, Q}$ .

Ограничения, заданные в виде неравенств, имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=A}^K \frac{m'_i + \Delta m_i}{m_{к.см.}} \leq \omega_i; \\ \sum_{j=L}^Q \frac{m'_j + \Delta m_j}{m_{к.см.}} \leq \omega_j; \\ m_{н.см.} + \sum_{i=A}^K \Delta m_i + \sum_{j=L}^Q \Delta m_j \leq m_{\max}. \end{array} \right. \quad (12)$$

Задача решается известными методами линейного программирования, реализованными в пакетах прикладных программ современных распределенных систем управления технологическими процессами и производствами.

Достоверность работы обоих алгоритмов обоснована прогонкой контрольных примеров и сравнением результатов.

### Библиографический список

1. Управление химико-технологическими процессами приготовления многокомпонентных смесей / Я.Е. Гельфанд, Л.М. Яковис, С.К. Дороганич [и др.]; под ред. Я.Е. Гельфанда. – Л.: Химия, 1988. – 288 с.
2. Нагиев М. Ф. Учение о рециркуляционных процессах в химической технологии. – Баку: Азербайдж. гос. изд-во, 1965. – 474 с.

# ДОЛЕВЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТОВ

Аспирантка Т.В. Кузнецова

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор В.Н. Трофимов  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Одним из наиболее распространенных технологических способов обработки давлением осесимметричных слоистых металлических композитов является волочение. Вследствие высокой стоимости таких композитов при проектировании технологического процесса волочения для исключения разрушения отдельных слоев необходимо использовать модели разрушения, учитывающие напряженное состояние заготовки в канале технологического волочильного инструмента [1].

В практических расчётах для приближенной оценки напряженного состояния слоев композиционной заготовки удобнее использовать аналитические соотношения, позволяющие оперативно проанализировать влияние разных факторов процесса.

Действительный характер распределения напряжений при волочении в сечении осесимметричного слоистого композита достаточно сложный, поэтому для получения аналитических соотношений применяют гипотезы, позволяющие упростить их вывод. Одной из таких гипотез, используемых в данной работе, является условие равенства радиальных напряжений в слоях [2].

Введем дополнительные допущения:

– материал произвольного  $i$ -го слоя композита идеальный жестко-пластический с сопротивлением деформированию  $\sigma_{Si}$ ;

– вследствие малых углов наклона образующей канала волочильного инструмента нормальные напряжения  $\sigma_n$  и радиальные напряжения  $\sigma_r$  на поверхности контакта профиля и инструмента равны;

– относительный наружный радиус  $i$ -го слоя заготовки в канале волоки остается постоянным (рисунок):  $\bar{r}_i = r_i / R = r_{0i} / R_0 = \text{const}$ , где  $r_i$  и  $R$  – наружный радиус  $i$ -го слоя и заготовки соответственно (для наружного слоя  $i = 1$ );

– коэффициент пластичности  $i$ -го слоя определён в виде  $\eta_i = \sigma_{Si} / \sigma_{S1}$ ;

– границы зоны деформации плоские.

Из принятых выше условий следует, что относительная площадь поперечного сечения  $i$ -го слоя остается постоянной и определяется соотношением  $\bar{F}_i = F_i / F = \bar{r}_{0i}^2 - \bar{r}_{0i-1}^2$  ( $F_i$  и  $F$  – текущие значения площадей сечения  $i$ -го слоя и заготовки).

Относительное продольное напряжение  $\bar{\sigma}_i$  в  $i$ -м слое  $N$ -слойной композиционной заготовки определим, используя принцип суперпозиции:

$$\bar{\sigma}_i = \sigma_{qi} + \bar{\sigma}_{1i} + \bar{\sigma}_{2i} + \bar{\sigma}_{3i}, \quad (1)$$

$\bar{\sigma}_i = \sigma_{xi} / \sigma_{Si}$ ;  $\bar{\sigma}_{1i} = \sigma_{1i} / \sigma_{Si}$ ;  $\bar{\sigma}_{2i} = \sigma_{2i} / \sigma_{Si}$ ;  $\bar{\sigma}_{3i} = \sigma_{3i} / \sigma_{Si}$ ;  
 $\bar{\sigma}_{qi} = \sigma_{qi} / \sigma_{Si}$ ;  $\sigma_{2i}$  – приращение продольного напряжения в  $i$ -м слое профиля за счёт деформации в канале волокна;  $\Delta\sigma_{1i}$  и  $\Delta\sigma_{3i}$  – приращение продольных напряжений в  $i$ -м слое заготовки за счёт дополнительных сдвигов на границах  $S_0$  и  $S_1$  зоны пластической деформации;  $\sigma_{qi}$  – напряжение противонапряжения от внешнего натяжения и действия упругой зоны.

Прежде, чем определить компоненты в уравнении (1), необходимо отметить следующий экспериментальный факт: при совместной пластической деформации наиболее прочный металл пытается выдавить пластичные в направлении, противоположном направлению волочения. Поскольку в соответствии с принятой моделью жесткопластической среды все слои заготовки на границе  $S_0$  начинают пластически деформироваться одновременно и ранее принято условие равенства радиальных напряжений в слоях композита, то в соответствии с условием пластичности явление выдавливания эквивалентно появлению дополнительных продольных напряжений  $\Delta\sigma_{0i}$  в более пластичных слоях.

Запишем условие пластичности для слоя из наиболее прочного металла (индекс «т») и произвольного слоя из пластичного металла (индекс «м»):

$$\sigma_{qT} + \sigma_{1m} + \sigma_r = \sigma_{Sm}; \quad \sigma_{qm} + \sigma_{1m} + \sigma_r + \sigma_{0m} = \sigma_{Sm},$$

откуда получим

$$\sigma_{0m} = (\sigma_{Sm} - \sigma_{Sm}) - (\sigma_{qm} - \sigma_{qm}) - (\sigma_{1m} - \sigma_{2m}).$$

Таким образом, уравнение (1) для более пластичного слоя принимает вид

$$\bar{\sigma}_i = \bar{\sigma}_{qi} + \bar{\sigma}_{1i} + \sigma_{0i} + \bar{\sigma}_{2i} + \bar{\sigma}_{3i}. \quad (2)$$

Определим усреднённое по сечению приращение продольного напряжения слоистой заготовки за счёт деформации в канале волокна:

$$\sigma_1 = \sum_{i=1}^N \sigma_{1i} \cdot \bar{F}_i. \quad (3)$$

Запишем условие пластичности для  $i$ -го слоя композита:

$$\sigma_{Si} = \sigma_{1i} + \sigma_r, \quad (4)$$

Подставляя выражение (3) в (2) и учитывая, что  $\sum_{i=1}^N \bar{F}_i = 1$ , получим

$$\sigma_1 = \sum_{i=1}^N \sigma_{Si} \cdot \bar{F}_i - \sigma_r = \sigma_{Scp} - \sigma_r, \quad (5)$$

где  $\sigma_{Scp}$  – усредненное значение сопротивления деформации по сечению заготовки,  $\sigma_{Scp} = \sum_{i=1}^N \sigma_{Si} \cdot \bar{F}_i$ .

Соотношения (4) и (5) позволяют вычислить приращение продольного напряжения  $\sigma_{1i}$  для произвольного слоя, если определено значение  $\sigma_1$  при известном значении  $\sigma_{Scp}$ :

$$\bar{\sigma}_{1i} = \sigma_{1i} / \sigma_{Si} = 1 - \frac{\sigma_{Scp} - \Delta\sigma_1}{\sigma_{Si}}. \quad (6)$$

Величина  $\Delta\sigma_1$  может быть определена по формуле [3]

$$\Delta\sigma_1 = \sigma_{Scp} (1 + f_n / \operatorname{tg}\alpha_B) [1 - (R_0 / R)^{-a}],$$

где  $f_n$  – коэффициент трения;  $\alpha_B$  – угол наклона образующей канала волокна;  $R_0$  и  $R$  – начальный и текущий радиус заготовки;  $a = \operatorname{tg}\alpha_B / f_n$ .

Из выражений (5) и (6), принимая  $\bar{\sigma} = \Delta\sigma_1 / \sigma_{Scp}$ , получим

$$\Delta\bar{\sigma}_{1i} = 1 - \frac{\eta_{cp}}{\eta_i} (1 - \bar{\sigma}), \quad (7)$$

где  $\eta_{cp}$  – среднее по сечению заготовки значение коэффициента пластичности,  $\eta_{cp} = \sum_{i=1}^N \eta_i \cdot \bar{F}_i$ .

Для вычисления приращений  $\Delta\sigma_{2i}$  и  $\Delta\sigma_{3i}$  используем метод баланса мощностей.

Мощность сил сдвига на границах очага деформации, являющихся поверхностями разрыва скорости  $S$ , определяется [4] как

$$W = \int_S \tau_S |\Delta V_{II}| dS,$$

где  $\Delta V_{II}$  – изменение составляющей скорости частиц параллельной поверхности разрыва;  $\tau_S$  – напряжение сдвига.

Схема зоны деформации заготовки приведена на рисунке.

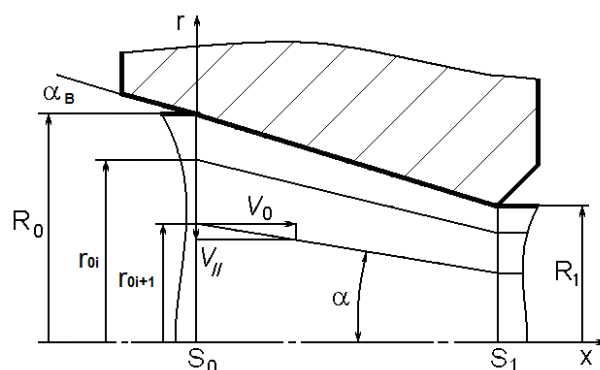


Рис. Схема зоны деформации заготовки

Запишем баланс мощностей на границе  $S_0$ :

$$W = \Delta\sigma_{2i} \cdot F_{0i} \cdot V_0 = \frac{2\pi R_0^2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{Si} \cdot \int_{\bar{r}_{0i+1}}^{\bar{r}_{0i}} |\Delta V_{II}| \bar{r} d\bar{r}, \quad (8)$$

где  $\Delta V_{II} = V_0 \bar{r} \operatorname{tg} \alpha_B$ .

После преобразований, с учётом принятых ранее обозначений, получим

$$\Delta\sigma_{2i} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_B \cdot \bar{R}, \quad (9)$$

где  $\bar{R} = \frac{\bar{r}_{0i}^3 - \bar{r}_{0i+1}^3}{\bar{r}_{0i}^2 - \bar{r}_{0i+1}^2}$ .

Несложно показать, что на границе  $S_1$  величина  $\Delta\sigma_{3i}$  равна  $\Delta\sigma_{2i}$ .

Определим напряжение противонапряжения  $\sigma_q$ .

В работе [3] авторы предлагают задавать величину  $\sigma_q$  как долю сопротивления деформированию:  $\sigma_S : \sigma_q = k_q \sigma_S$ . Для композиционных заготовок, у которых упругие свойства материала слоев различны, использование усредненного значения  $\sigma_q$  некорректно.

Выше для определения напряжений в пластической зоне была использована модель жесткопластического материала, что не позволяет вычислить величину  $\sigma_{qi}$ . Поэтому для её вычисления используем модель линейно-упругого материала.

Принимая, что конец заготовки на входе в канал волокна находится в однородном линейном напряженном состоянии, а сечения являются

плоскими, определим линейную деформацию для оболочки и произвольного слоя заготовки:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{q1}}{E_1}, \quad \varepsilon_i = \frac{\sigma_{qi}}{E_i} \quad (10)$$

откуда

$$\sigma_{qi} = \sigma_{q1} \frac{E_i}{E_1} = \sigma_{q1} \bar{E}_i, \quad (11)$$

где  $\bar{E}_i$  – относительный модуль упругости  $i$ -го слоя,  $\bar{E}_i = E_i / E_1$ .

Определим среднее значение  $\sigma_q$ :

$$\sigma_q = \frac{\sigma_{q1}F_1 + \sigma_{q2}F_2 + \dots}{F_0} = \sum_{i=1}^N \sigma_{qi} \bar{F}_i. \quad (12)$$

Подставляя (11) в (12) получим:

$$\sigma_{q1} = \frac{\sigma_q}{\sum_{i=1}^N \bar{E}_i \bar{F}_i} = \frac{\sigma_q}{\bar{E}_{cp}}, \quad (13)$$

где  $\bar{E}_{cp}$  – усредненное по сечению значение относительного модуля упругости, определяемое в соответствии с правилом смесей, используемым для определения физико-механических характеристик композитов,

$$\bar{E}_{cp} = \sum_{i=1}^N \bar{E}_i \bar{F}_i.$$

Из формул (11) и (13), принимая  $\sigma_q = k \sigma_{Scp}$ , получим

$$\bar{\sigma}_{qi} = k \frac{\sigma_{Scp}}{\sigma_{Si}} \cdot \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_{cp}} = k \frac{\eta_{cp}}{\eta_i} \cdot \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_{cp}}. \quad (14)$$

С учётом полученных соотношений запишем формулу (1) для наиболее прочного слоя:

$$\bar{\sigma}_i = 1 - \frac{\eta_{cp}}{\eta_i} (1 - \bar{\sigma}) + k \cdot \frac{\eta_{cp}}{\eta_i} \cdot \frac{\bar{E}_i}{\bar{E}_{cp}} + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_B \frac{\bar{r}_{0i}^3 - \bar{r}_{0i+1}^3}{\bar{r}_{0i}^2 - \bar{r}_{0i+1}^2}. \quad (15)$$

### Библиографический список

1. Колмогоров В.Л. Напряжения. Деформации. Разрушения. – М.: Металлургия, 1970. – 229 с.
2. Маковский В.А., Ейльман Л.С. Основы теории и практики производства биметаллических прутков. – М.: Металлургия, 1971. – 192 с.
3. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
4. Джонсон У., Меллор П. Теория пластичности для инженеров. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.

## НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ИСПЫТАНИЯ САУ ГТУ

**Студент гр. АТПП-11м И.В. Бахирев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Б.В. Кавалеров*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В статье рассмотрены различные модели нейроруправления применительно к их использованию в составе программного моделирующего комплекса «ЭлектроДин». Программный комплекс предназначен для компьютерной имитации режимов работы газотурбинных установок (ГТУ) различного назначения, настройки и испытания систем автоматического управления (САУ) энергетических ГТУ [1]. Статья подготовлена в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства для оказания услуг по испытаниям газотурбинных установок мощностью до 40 МВт на многоцелевом адаптивном экологичном стенде» в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 года. № 218.

Комплекс «ЭлектроДин» впервые был представлен широкой общественности на Международном авиационно-космическом салоне «МАКС–2011». На XV Московском Международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед–2012» он получил золотую медаль. В состав программного комплекса «ЭлектроДин» наряду с основными приложениями – конструктором схем и визуализатором моделирования – входят модули идентификации и настройки САУ ГТУ. При этом в качестве базовых для выполнения настройки используются традиционные для отрасли ПИД-регуляторы. Однако известно, что в настоящее время активно предпринимаются попытки применения при управлении ГТУ нейросетевых решений, в том числе в наземных версиях использования ГТУ, например, представленные в [2, 3]. В свою очередь технология моделирования, реализованная в комплексе «ЭлектроДин», позволяет воспроизводить практически неограниченный спектр режимных ситуаций, возникающих при эксплуатации ГТУ как в составе разнообразных электростанций, так и в версиях для газоперекачки. В результате открываются широкие возможности компьютерной имитации для исследования, настройки и обучения регуляторов, построенных на основе нейроруправления, поскольку очевидно, что предварительную настройку систем управления целесообразно выполнять на моделях для сокращения затрат времени и потребных ресурсов. В связи с этим в статье поставлена задача рассмотреть возможные варианты нейроруправления для их последующей реализации в составе программного комплекса.



## Нейроуправление

Известно, что нейроуправление – это частный случай интеллектуального управления, использующий искусственные нейронные сети для решения задач управления динамическими объектами. Нейроуправление находится на стыке таких дисциплин, как искусственный интеллект, нейрофизиология, теория автоматического управления, робототехника. Нейронные сети обладают рядом уникальных свойств, которые делают их мощным инструментом для создания систем управления: способностью к обучению на примерах и обобщению данных, способностью адаптироваться к изменению свойств объекта управления и внешней среды, пригодностью для синтеза нелинейных регуляторов, высокой устойчивостью к повреждениям своих элементов в силу изначально заложенного в нейросетевую архитектуру параллелизма. Рассмотрим особенности нейроуправления на примере отдельных методов.

### 1. Подражающее нейроуправление [4].

Подражающее нейроуправление (Neurocontrol learning based on mimic, Controller Modeling, Supervised Learning Using an Existing Controller) охватывает системы нейроуправления, в которых нейроконтроллер обучается на примерах динамики обычного контроллера по обратной связи, построенного, например, на основе обычной ПИД-схемы управления. После обучения нейронная сеть в точности воспроизводит функции исходного контроллера. В качестве примеров динамики контроллера может быть использована запись поведения человека-оператора. Обычный контроллер по обратной связи (или человек-оператор) управляет объектом управления в штатном режиме. Значения величин на входе и выходе контроллера протоколируются, и на основе протокола формируется обучающая выборка для нейронной сети, содержащая пары значений входа и ожидаемых реакций нейросети.

После обучения с помощью, например, метода обратного распространения ошибки нейронная сеть подключается вместо исходного контроллера. Полученный нейроконтроллер может заменить человека в управлении устройством, а также быть более выгодным экономически, чем исходный контроллер.

### 2. Обобщенное инверсное нейроуправление [5, 6].

В схеме обобщенного инверсного нейроуправления (Generalized Inverse Neurocontrol, Direct Inverse Neurocontrol, Adaptive Inverse Control) в качестве контроллера используется нейронная модель инверсной динамики объекта управления, называемая инверсным нейроэмулятором. Инверсный нейроэмулятор представляет собой нейронную сеть,

обученную в режиме «Offline» имитировать обратную динамику объекта управления на основе записанных траекторий поведения динамического объекта. Для получения таких траекторий на объект управления в качестве управляющего сигнала подают некоторый случайный процесс. Значения управляющих сигналов и ответных реакций объекта протоколируют и на этой основе формируют обучающую выборку.

При управлении объектом инверсный нейроэмулятор подключается как контроллер, получая при этом на вход значения уставки и состояния объекта управления, поступающего по каналу обратной связи.

Предполагается, что сформированная при обучении инверсная модель объекта управления является адекватной, следовательно, сигнал управления, выдаваемый нейронной сетью, обеспечит переход объекта в положение, заданное уставкой.

### 3. Метод нейроуправления с эталонной моделью [7, 8].

Метод нейроуправления с эталонной моделью (Model Reference Adaptive Control, Neural Adaptive Control) – вариант нейроуправления по методу обратного пропуска ошибки через прямой нейроэмулятор с дополнительно внедренной в схему эталонной моделью (Reference Model) динамической системы, имитировать поведение которой обучается нейроконтроллер. Это делается в целях повышения качества переходного процесса: в случае, когда переход объекта в целевое положение за один такт невозможен, траектория движения и время осуществления переходного процесса становятся плохо прогнозируемыми величинами и могут привести к неустойчивости переходного процесса.

Для уменьшения этой неопределенности вводится эталонная модель, представляющая собой, как правило, устойчивую линейную динамическую систему первого или второго порядка. В ходе обучения эталонная модель на такте получает на вход уставку и генерирует опорную траекторию, которая сравнивается с положением объекта управления с целью получить ошибку управления, минимизировать которую обучается нейроконтроллер.

### 4. Метод нейросетевой фильтрации внешних возмущений [9].

Метод нейросетевой фильтрации внешних возмущений (Adaptive Inverse Control based on Linear and Nonlinear Adaptive Filtering, Internal Model Control) служит для улучшения качества работы контроллера в цепи управления. Изначально, эта схема была предложена Б. Уидроу для использования совместно с нейроконтроллерами, обученными по методу обобщенного инверсного нейроуправления.

В более поздней работе им были применены нейроконтроллеры, обученные по методу обратного распространения ошибки через прямой

нейроэмулятор. В принципе нейросетевую фильтрацию ошибок можно использовать для повышения качества работы контроллера любого типа, не обязательно нейросетевого. В этой схеме используются две предварительно обученные нейронные сети: инверсный нейроэмулятор, обученный так же, как это делается в методе обобщенного инверсного нейроуправления, и прямой нейроэмулятор, обученный так же, как это делается в методе обратного распространения ошибки через прямой нейроэмулятор.

Пусть на объект управления поступает управляющий сигнал, явившийся результатом суммирования сигнала контроллера и корректирующего сигнала системы фильтрации внешних возмущений, вычисленного на предыдущем такте.

Сигнал направляется на прямой нейроэмулятор объекта управления, а реакция прямого нейроэмулятора сравнивается с реальным положением системы.

Разница этих величин трактуется как нежелательное отклонение системы, вызванное внешним возмущением. Для подавления нежелательного эффекта сигнал поступает на инверсный нейроэмулятор, который рассчитывает корректирующий сигнал для корректировки управляющего сигнала нейроконтроллера на следующем такте.

Для использования этого метода объект управления должен обладать обращаемой динамикой, а также иметь адекватную математическую или имитационную модель объекта управления для обучения прямого и инверсного нейроэмуляторов.

### **Заключение**

В статье обобщены подходы к нейроуправлению, которые могут быть рекомендованы к использованию при создании специализированного модуля в составе программного моделирующего комплекса «ЭлектроДин». Этот модуль позволит производить испытания, настройку и обучение нейрорегуляторов применительно не только к САУ ГТУ, но и всей энергетической установки в целом.

В частности, подобные регуляторы могут применяться для управления синхронными генераторами в мини-электростанциях.

### **Библиографический список**

1. Интеллектуализация испытаний конвертированных газотурбинных установок для электроэнергетики / Б.В. Кавалеров, В.П. Казанцев, И.А. Шмидт, А.Н. Рязанов, К.А. Один // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – №1(47). – С. 84–88.

2. Хижняков Ю.Н., Южаков А.А. Нейронечеткий регулятор частоты газотурбинного двигателя // Приборы. – 2010. – № 5. – С. 17–21.

3. Хижняков Ю.Н., Южаков А.А. Автоматизация автономных многоагрегатных электростанций на основе релейно-импульсного и нечеткого регулирования с применением нейронной технологии // Электротехника. – 2011. – №11. – С. 40–45.

4. Widrow B., Smith F.W. Pattern-recognizing control systems // Proceedings of Computer and Information Sciences. – Washington, USA. – 1964. – Vol. 12. – P. 288–317.

5. Омату С., Халид М., Юсоф Р. Нейроуправление и его приложения: пер. с англ. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с.

6. Psaltis D., Sideris A., Yamamura A.A. A Multilayered Neural Network Controller // IEEE Control Systems Magazine. – 1988. – Vol. 8, Issue 2. – P. 17 – 21.

7. Venelinov Topalov, A. Kaynak. Online learning in adaptive neurocontrol schemes with a sliding mode algorithm // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Part B: Cybernetics. – 2001. – Vol. 31. – I. 3. – P. 445–450.

8. Чернодуб А.Н. Обучение нейроэмуляторов с использованием псевдорегуляризации для метода нейроуправления с эталонной моделью // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 602–614.

9. Dias F.M., Mota A.M. Comparison between Different Control Strategies using Neural Networks // 9th Mediterranean Conference on Control and Automation. – Dubrovnik, Croatia, 2001.

# РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

**Аспирант Д.А. Попов**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *И.А. Шмидт*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **Актуальность**

Появляются новые требования к проведению испытаний газотурбинных установок. Для удовлетворения данных требований необходимы изменения в программно-аппаратном комплексе системы проведения испытаний на предприятиях. Совершенствование отдельных элементов функциональной структуры процесса испытания не дает значительного эффекта. Необходимо кардинальное переосмысление всего программно-аппаратного комплекса.

Создание систем испытаний ГТУ предполагает решение разнородных задач как с точки зрения функционала, так и с точки зрения способов реализации. Вместе с этим межэлементное взаимодействие накладывает дополнительные сложности при разработке и сопровождении программных комплексов, понижает их надежность и эффективность.

Типичная функциональная структура, обеспечивающая полный цикл испытаний ГТУ, реализует следующий функционал:

- программное управление оборудованием;
- диспетчерское управление оборудованием;
- сбор и хранение данных;
- квитирование неисправностей;
- анализ ГТУ, анализ испытания.

**Цель:** разработка функциональной структуры программно-аппаратного комплекса, реализующего полный объем функций для проведения испытаний.

## **Задачи:**

1. Формирование подхода к испытаниям.
2. Выбор средств для создания программного комплекса.
3. Разработка интерфейсов взаимодействия программных подэлементов.

## **Теоретический анализ**

### **Формирование подхода к испытанию ГТУ**

Испытания ГТУ большой мощности отличаются большим количеством информации по обработке и высокими затратами на проведение испытаний [1]. Испытания должны отвечать требованиям качества, которые заключаются в сжатых сроках прохождения всех этапов жизненного цикла испытания, минимизации количества итераций испытаний, уменьшении затрат на проведение испытаний.

Испытание – это один из этапов жизненного цикла газотурбинных установок (ГТУ), целью которого является определение пригодности испытуемого экземпляра и его качества в целом для дальнейшей эксплуатации.

Существующие методы испытания ГТУ на ведущих предприятиях России представляют собой набор низкоуровневых приложений, выполняющих определенные функции. Например, передача данных с нижнего уровня на верхний уровень, сохранение данных в бинарном файле, функция перемещения каретки в бинарном файле на место, соответствующее определенному времени, и другие. Для построения развитой системы испытания ГТУ требуется использование всех существующих наработок предприятия-испытателя, начиная с наработок начала 2000-х годов. Таким образом, для функционирования системы в отрасли традиционно используются устаревшая идеология построения систем испытания и вытекающая из данной идеологии архитектура программного обеспечения, которая ограничивает скорость обработки данных и требует значительных затрат на поддержку работоспособности системы. Для обеспечения более качественного определения характеристик ГТУ посредством предоставления более развитого модуля управления и квитирования ГТУ и повышения частоты сбора данных требуется реинжиниринг программного комплекса проведения испытаний ГТУ.

### **Реинжиниринг бизнес-процессов испытания ГТУ**

Для организации испытаний программно-аппаратный комплекс реализует задачи как нижнего уровня – работа с оборудованием, так и верхнего – программное обеспечение. Вводят дополнительный уровень архитектуры – средний уровень, в задачи которого входят первичная обработка информации, поступившей с нижнего уровня, а также непосредственно исполнение логики испытаний. Таким образом, выделяют трехуровневую архитектуру проведения испытаний (рисунок) [3].

Для реинжиниринга бизнес-процессов испытаний ГТУ следует проклассифицировать функции, необходимые для выполнения всего испытания двигателя [2].

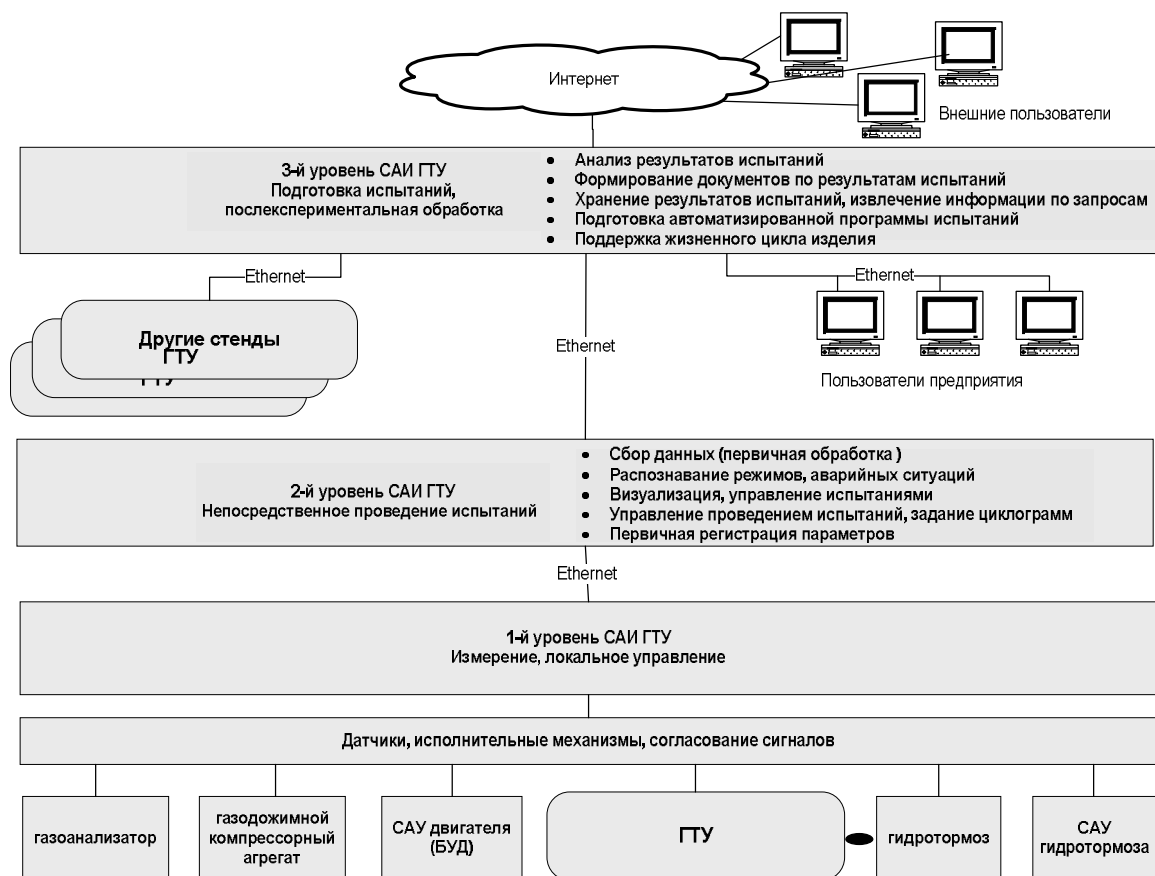


Рис. Общая архитектура стенда

В результате научного исследования была выполнена классификация по следующим показателям:

- по специфике. В выполнении функции задействованы специалисты разных профессий/рангов;
- по решаемым задачам;
- по целостности;
- по требуемому функционалу для реализации задач;
- по частоте использования;
- по заменяемости функциональных элементов.

В результате классификаций выделилось три подпрограммы верхнего уровня программного комплекса испытаний ГТУ:

- программа конструирования плана испытаний;
- программа проведения испытания на основе планов испытаний;
- программа анализа испытания и формирования отчетов.

Несколько программных продуктов, выполняющих отдельные части процесса испытания – параллельно или последовательно, формируют горизонтальное измерение функциональной структуры программно-аппаратного комплекса проведения испытаний.

## **Программа конструирования планов испытаний**

Первая часть функционального комплекса – программа конструирования планов испытаний (ПКПИ). В функции ПКПИ входят:

- визуализация разработанных этапов испытаний и их конфигурирование параметрами и допусками;
- реализация компиляции и регистрации ошибок в плане испытаний;
- повторное использование планов испытаний.

Таким образом, ПКПИ – программа-компилятор, позволяющая настраивать, конфигурировать и создавать планы испытаний, которые далее будут отработаны.

Необходимо отметить, что для осуществления связи конечных функциональных элементов ПКПИ должна работать с готовыми блоками, разработанными в среде *LabView*. Каждый блок должен представлять собой виртуальный прибор с входами и выходами и обеспечивать выполнение элементарной задачи процесса испытания. Таким образом реализуются принципы императивного программирования для решения задачи конструирования испытания.

Сравнение различных методов записи и хранения планов испытаний показало необходимость использования реляционной базы данных, что обеспечивает многопользовательский доступ, защиту информации, предотвращение дублирования данных и формализацию планов испытаний [4].

## **Программа проведения испытаний**

На основании наблюдений за процессами испытаний ГТУ, а также собеседований с работниками, занятыми в данном этапе жизненного цикла ГТУ, было выявлено, что испытание любого из типов двигателей представляет собой набор последовательных высокоуровневых команд, таких как «холодная прокрутка», «выход на режим», «определение мощности» и других. Таким образом, программа автоматического проведения испытаний должна обладать возможностью исполнения элементов испытания и представлять собой Программу автоматического исполнения структурных подэлементов испытания двигателя (Программа автоматизированного испытания двигателей, далее – ПАИД).

Наличие и использование данной программы отвечают всем требованиям проведения испытаний, предлагают возможности расширения для реализации дополнительного полезного функционала. Также использование данной программы позволяет не реализовывать функционал, который будет излишним для нового принципа исследования характеристик двигателя, но является необходимым для прежнего принципа (например, создание плеера с возможностью прокрутки хода испытания с целью выявления ошибок испытателя).



Соответственно, входные данные ПАИД – интерпретированная инструкция по испытанию для определенного типа двигателя.

В соответствии с принципами по улучшению процедуры тестирования можно выделить обязательные функциональные возможности ПАИД:

- исполнение плана тестирования двигателя в автоматическом режиме;
- возможность перехода в ручной режим проведения испытания;
- мониторинг хода испытания установки;
- определение текущих параметров двигателя;
- сохранение информации об испытании в базу данных;
- квитирование неисправностей с возможностью автоматического останова двигателя;
- квитирование ошибок и экстренное реагирование на исключения.

Результатом работы ПАИД является набор хронологических данных параметров испытаний и событий для последующего анализа.

### **Программа анализа испытаний и формирования отчетов**

Завершающая часть программного комплекса испытаний ГТУ – программа анализа испытаний и формирования отчетов. Данная программа требует мощной среды для создания логики анализа испытаний и предоставляющей возможности создания отчетов.

Данный комплекс должен обладать удобным пользовательским графическим интерфейсом, возможностями для создания сложного кода приложения, компонентами доступа к базе данных и другими возможностями для реализации функционала анализа накопленных данных [5].

Программа анализа испытаний предполагает взаимодействие с пользователем и располагается на третьем уровне трехуровневой архитектуры.

Программа анализа испытаний построена на хронологических данных параметров ГТУ, а также на данных о событиях и ошибках в ходе проведения испытания.

### **Выбор средств для создания программного комплекса**

Использование аппаратных средств *National Instruments* с учетом преимуществ языка *LabView* определяет *LabView* как программный комплекс для реализации среднего и нижнего уровня трехуровневой архитектуры системы проведения испытаний [6].

Качество программно-аппаратного комплекса определяется эффективностью реализации отдельных бизнес-процессов и способами их взаимодействия. Различный стандарт хранения данных усложняет интеграцию программных пакетов разных производителей. Так, например, наиболее эффективная интеграция практически любого склада-пакета с платформой *LabView* возможна с использованием технологий. Технологии *OPC* ограничивают скорость передачи данных между терминалами

данных, требуют значительного времени для настройки и отладки, также накладывают дополнительные ограничения по выбору операционной системы для реализации других бизнес-процессов, использующих данные испытаний [7].

Среда разработки *LabView* предлагает дополнительные модули, позволяющие реализовать функции диспетчерского управления и сбора данных. Необходимо отметить, что использование среды *LabView* для сбора данных и диспетчерского управления создает жесткую интеграцию производственных компонентов, что значительно повышает качество испытаний и требует значительно меньше затрат для разработки программно-аппаратного комплекса [6]. Это позволяет вынести сбор данных на второй уровень трехуровневой архитектуры, что было бы невозможно при использовании скада-пакетов сторонних производителей.

### **Разработка интерфейсов взаимодействия программных подэлементов**

Трехуровневая организация программно-аппаратного комплекса предполагает как горизонтальную передачу данных (между этапами испытаний), так и вертикальную (между уровнями).

Горизонтальная передача данных осуществляется за счет введения единого информационного пространства:

- реляционной базы данных с информацией об испытываемых стендах, испытаниях и планах испытаний;
- базы данных временных рядов с информацией об испытаниях.

Для минимизации затрат информационное пространство, обеспечивающее передачу данных между уровнями, должно максимально совпадать с информационным пространством передачи данных между тремя выделенными подпрограммами: конструирование планов испытаний, отработка этапов испытаний и анализ установки.

Использование платформы *LabView* позволяет организовать необходимую структуру хранения и передачи данных. Существуют несколько парадигм и множество стилей программирования в среде *LabView*. Использование парадигмы императивного программирования позволяет наладить взаимодействие верхнего и среднего уровней трехуровневой архитектуры проведения испытаний. Императивное программирование выражается в создании абстрактной структуры отработки логики испытаний на верхнем уровне, где абстрактные структуры исполняются на среднем и нижнем уровнях и представляют собой логически законченные виртуальные приборы. Это дает возможность лёгкого расширения приложения и дополнительной инкапсуляции кода. Императивное программирование разрешает использование паттерна проектирования *MVC*, что отделяет модель проведения испытания от ее логики и визуа-

лизации. Таким образом, разрабатываемая функциональная структура обладает слабой связанностью между тремя формообразующими элементами: модель, логика и визуализация, что положительно отражается на производительности и тестировании системы.

Таким образом, должна обеспечиваться возможность одновременного создания и конфигурирования планов испытаний, проведения непосредственно испытания и анализа установки. На базе данной системы возможно быстрое модульное добавление анализа качества установки в режиме реального времени, квитирования и управления элементами газотурбинной установки.

Планируемый эффект от внедрения программного комплекса испытаний газотурбинных установок представлен ниже.

<b>Текущие показатели</b>	<b>Планируемые показатели</b>
<b>Количество персонала, задействованного в процессе испытания на верхнем уровне</b>	
4 человека <i>Примечание: значительное время занимает подготовка персонала к проведению испытаний</i>	2 человека
<b>Режим испытания</b>	
Ручной	Авто/ручной
<b>Точность</b>	
Определяется погрешностью ведущего <i>Погрешность в измерении времени работы режима</i> <i>Не контролируется время перехода на режим</i> <i>Погрешность во времени начала записи данных в файл</i>	Детерминированная <i>Как в автоматическом режиме проведения испытания, так и в ручном все значения в любом временном интервале имеют четко заданные значения</i>
<b>Универсальность процесса испытания</b>	
Различный процесс испытания для каждой модели установки <i>В зависимости от типа двигателя модель испытаний может различаться</i>	Одна модель испытания для всех установок <i>Единообразие всех видов испытаний</i>
<b>Оптимизация плана испытаний</b>	
Труднореализуемая <i>Сложное редактирование плана испытаний</i>	Легкорезализуемая <i>Простое редактирование плана испытаний</i>
<b>Хранение данных</b>	
Бумажные носители <i>Планы испытаний</i> <i>Итоговая информация</i> <i>Методы анализа данных</i> Компьютерные бинарные файлы <i>Текущие данные по испытаниям</i>	Базы данных <i>Планы испытаний</i> <i>Итоговая информация</i> <i>Текущие данные по испытаниям</i> <i>Методы анализа данных</i>

## Библиографический список

1. Севрюгин Н.Н. Автоматизация системы контроля процесса стендовых испытаний газотурбинных двигателей серийного производства: автореф. ... канд. техн. наук. – Рыбинск, 1999.
2. Яблочников Е.И., Молочник В.И. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства. – СПб.: ИТМО, 2008.
3. Интеллектуализация испытаний конвертированных газотурбинных установок для электроэнергетики / Б.В. Кавалеров, В.П. Казанцев, И.А. Шмидт, А.Н. Рязанов, К.А. Один // Системы управления и информационные технологии. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. техн. ун-та, 2009. – №4(34).
4. Дейт Дж. Введение в системы баз данных. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1328 с.
5. Boyer S.A. SCADA: supervisory control and data acquisition // Research Triangle Park (USA): ISA Publishing, 2004. – 219 p.
6. National Instruments. – URL: <http://www.ni.com>.
7. Критика OPC. – URL: <http://kildekode.ru/personal/6395/Tekhnologiya-REST-vmesto-OPC-v-sistemakh-promyshle.htm>
8. LabView Shared Variable // National Instruments. – URL: <http://www.ni.com/white-paper/4679/en>

# РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ *NATIONAL INSTRUMENTS*

**Аспирант Д.А. Попов**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *И.А. Шмидт*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Выбрана функциональная структура проведения стендовых испытаний ГТУ. Необходимо подобрать программные средства и функции для реализации программного комплекса испытаний.

**Цель:** в результате классификаций типичной функциональной структуры процесса проведения испытаний ГТУ выделились три подпрограммы верхнего уровня программного комплекса испытаний ГТУ:

- программа конструирования плана испытаний;
- программа проведения испытания на основе планов испытаний;
- программа анализа испытания и формирования отчетов.

Необходимо реализовать эффективный программно-аппаратного комплекс, обеспечивающий полный объем функций для проведения испытаний.

**Задачи:**

1. Разработка интерфейсов взаимодействия программных подэлементов.
2. Определение принципов реализаций основных методов программного комплекса.

**Реализация программы конструирования планов испытаний**

Первый функциональный комплекс – программа конструирования планов испытаний (ПКПИ). Функциями ПКПИ являются:

- визуализация разработанных этапов испытаний и их конфигурирование параметрами и допусками;
- реализация компиляции и регистрации ошибок в плане испытаний;
- повторное использование планов испытаний.

Учитывая требования к платформе для реализации ПКПИ – наличие графического пользовательского интерфейса, наличие стандартных функций работы с базами данных, наличие компонентов визуализации, достаточных для графического конфигурирования этапов испытаний – путем сравнительного анализа характеристик был сделан выбор в пользу применения технологии *MS ASP.NET MVC* с элементами отображения *Silverlight*.

Функционал компоновки планов испытаний реализован с помощью технологии *drag and drop*. Для отображения графиков и более точной настройки элементов плана испытаний была использована технология *MS Silverlight*. На рис. 1 представлен интерфейс программы конструирования планов испытаний в режиме настройки последовательности этапов и их характеристик.

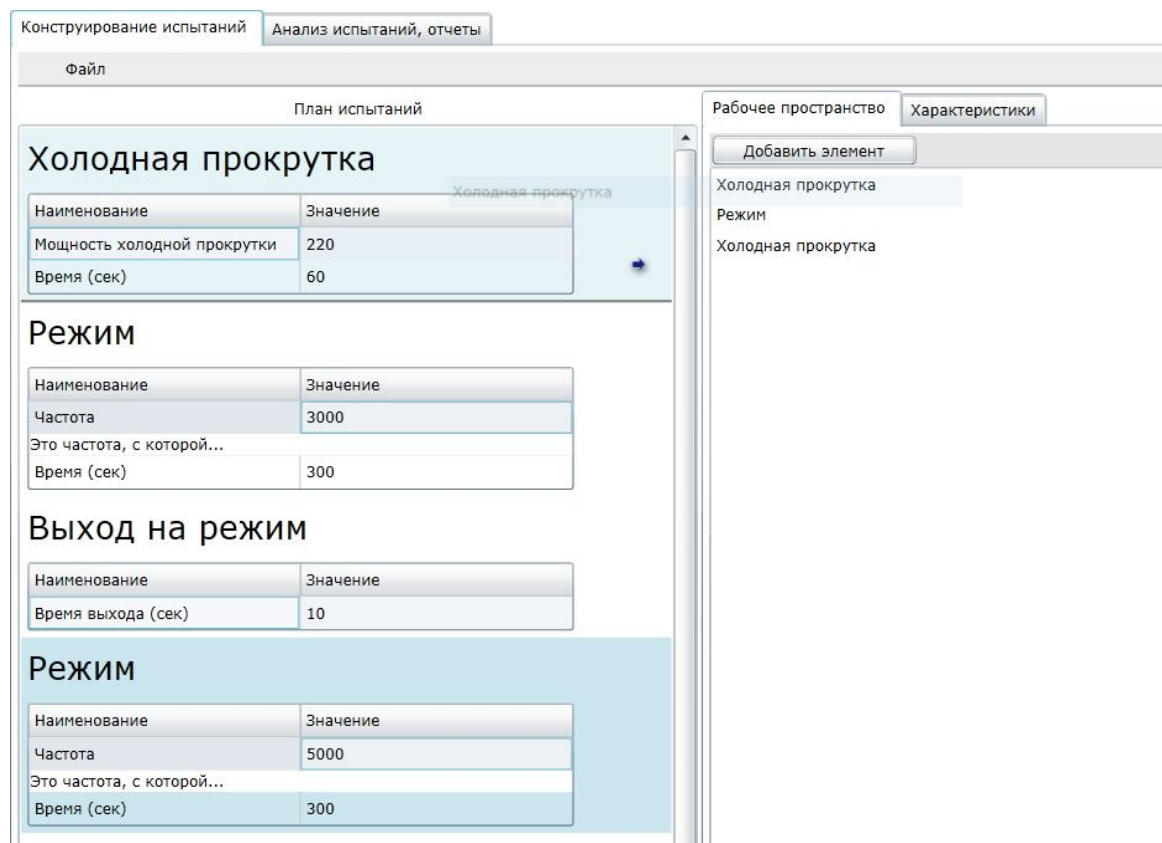


Рис. 1. Прототип программы конструирования планов испытаний

### Программа проведения испытаний

Программа проведения испытаний должна обеспечивать следующие обязательные функциональные возможности:

- исполнение плана тестирования двигателя в автоматическом режиме;
- возможность перехода в ручной режим проведения испытания;
- мониторинг хода испытания установки;
- определение текущих параметров двигателя;
- сохранение информации об испытании в базе данных;
- квитирование неисправностей с возможностью автоматического останова двигателя;
- квитирование ошибок и экстренное реагирование на исключения.

Для проверки возможности создания и эффективности функционирования программно-аппаратного комплекса испытаний ГТУ на основе выделенной функциональной структуры разработан прототип программного комплекса.

В качестве *SCADA*-пакета использовался модуль *Datalogging and Supervisory Control*, позволяющий создать оболочку и функционал для диспетчерского управления объектами. Разработка мнемосхемы технологических процессов, в том числе с анимацией, осуществлялась на базе элементов *XControl*. Были использованы рекомендованная *National Instruments* технология *Datasocket* и связывание данных с физическими каналами аппаратного обеспечения для быстрой разработки функционального интерфейса испытаний ГТУ с возможностью индикации данных состояния элементов ГТУ и их управления. Необходимо отметить, что скорость создания мнемосхемы установки ГТУ вместе с элементами визуализации и управления на платформе *LabView* выше, чем на самых современных *SCADA*-пакетах, поддерживаемых в России. Также возможности интеграции программного обеспечения с аппаратным оборудованием значительно выше при использовании системы *LabView* для реализации всех уровней трехуровневой архитектуры, чем при использовании *SCADA*-пакетов сторонних производителей для реализации верхнего уровня.

Для обеспечения работы базы данных, программной логики и модуля квитирования неисправностей в качестве клиентов без дополнительной настройки способов взаимодействия конечных терминалов использовался протокол *NI PSP*, являющийся реализацией распределенных переменных по принципам клиент-серверной архитектуры. В технологию распределенных переменных и протокол *PSP* встроена система архивирования, буферизации данных, сжатия и масштабирования [8].

Для длительного хранения данных с возможностью архивирования и сжатия использовалось рекомендуемое решение *NI* – база данных *Citadel*. База данных *Citadel* позволяет осуществлять мгновенный доступ к необходимым данным. Размер БД *Citadel* ограничивается только размером жесткого диска [8]. На базе БД *Citadel* возможно построить различные системы анализа, например, анализ временных рядов приложением *NI DIAdem*. Это достигается благодаря использованию экспорта данных из БД *Citadel* в реляционную базу данных. Таким образом, анализ данных – это отдельный бизнес-процесс, который может выполняться независимо от процедуры сбора данных.

В таблице отображены основные программные модули, задействованные на разных уровнях системы проведения испытаний.

## Функции трехуровневой архитектуры и средства их реализации

Наименование уровня	Функция	Средство реализации
Верхний уровень	Визуализация испытания	<i>DataSocket, ImageNavigator, XControl</i>
	Управление испытанием	<i>LabView, XControl, DataSocket</i>
	Квотирование	<i>LabView DSC, Active-X</i>
	Анализ данных	<i>Citadel, NI DIADem</i>
Средний уровень	Обработка данных	<i>LabView VI</i>
Нижний уровень	Сбор данных, логгирование	<i>Citadel, PSP, Shared Variable</i>
	Непосредственное управление объектом	<i>LabView, VI, DataSocket</i>

На рис. 2 представлена мнемосхема программы обработки планов испытаний, созданная в лабораторных условиях на базе выбранной технологии: изображение двигателя, список важных параметров, план испытания и его детализация, графики, конфигурируемые выбором отображаемой библиотеки данных.

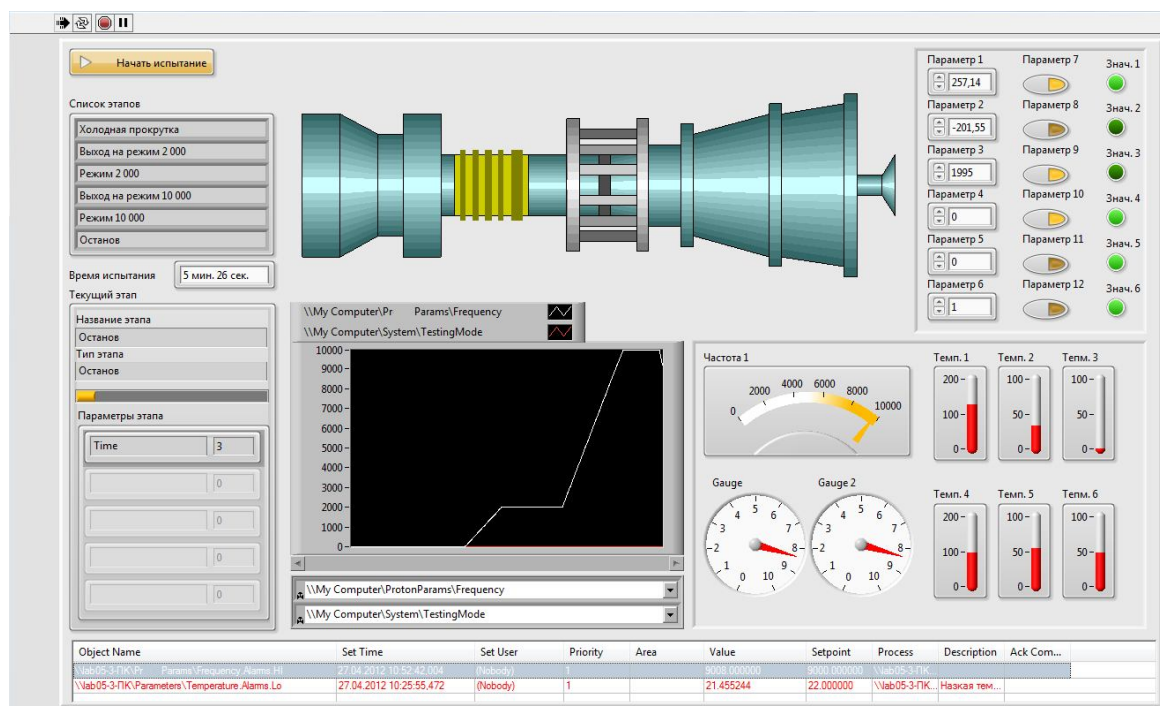


Рис. 2. Интерфейс программы обработки испытаний

### Программа анализа испытаний и формирования отчетов

Для устранения лишних транзакций в виде конвертации данных был выбран программный продукт *NI DIADem*, который позволяет анализировать временные ряды, хранящиеся в базе данных *Citadel*.



Задачи анализа испытаний включают необходимость реализации следующего функционала:

- генерация отчетов с двумерными графиками и таблицами;
- анализ и обработка данных, такая как поиск, сглаживание, статистика и другие;
- создание скриптов для многократного выполнения (наложения на графики).

Прототип разработки данного функционала можно увидеть на рис. 3.

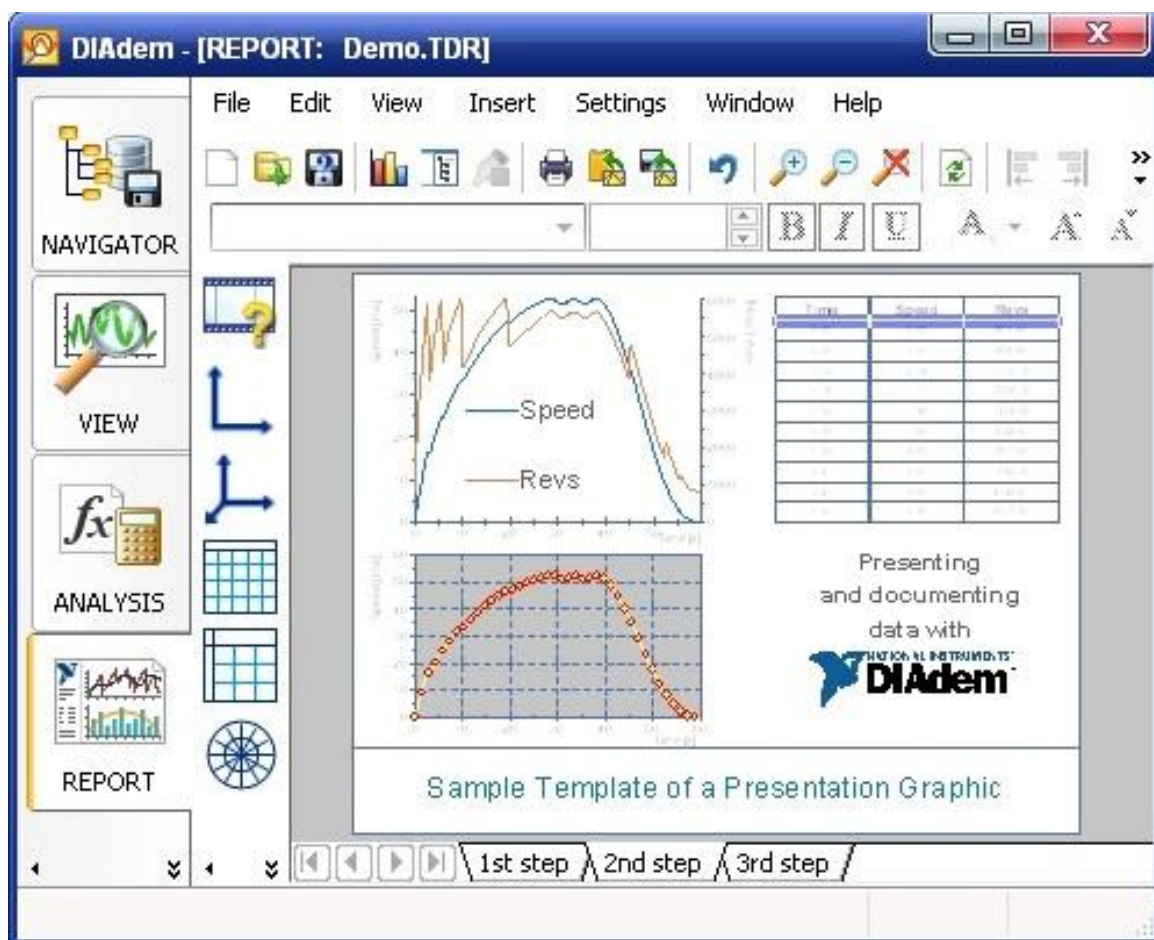


Рис. 3. Интерфейс программы анализа испытаний

### Результаты

Исследования подтвердили эффективность разработанной функциональной структуры программного комплекса испытаний ГТУ. Программное обеспечение показало возможность создания программно-аппаратного комплекса, реализующего весь функционал испытаний ГТУ на основе выбранной функциональной структуры.

### Выбор средств для создания программного комплекса

Использование аппаратных средств *National Instruments* с учетом преимуществ языка *LabView* определяет *LabView* как программный

комплекс для реализации среднего и нижнего уровня трехуровневой архитектуры системы проведения испытаний [6].

Качество программно-аппаратного комплекса определяется эффективностью реализации отдельных бизнес-процессов и способами их взаимодействия. Различный стандарт хранения данных усложняет интеграцию программных пакетов разных производителей. Так, например, наиболее эффективная интеграция практически любого SCADA-пакета с платформой *LabView* возможна с использованием технологий. Технологии *OPC* ограничивают скорость передачи данных между терминалами данных, требуют значительного времени для настройки и отладки, также накладывают дополнительные ограничения по выбору операционной системы для реализации других бизнес-процессов, использующих данные испытаний [7].

Среда разработки *LabView* предлагает дополнительные модули, позволяющие реализовать функции диспетчерского управления и сбора данных. Необходимо отметить, что использование среды *LabView* для сбора данных и диспетчерского управления создает жесткую интеграцию производственных компонентов, что значительно повышает качество испытаний и требует значительно меньше затрат для разработки программно-аппаратного комплекса [6]. Это позволяет вынести сбор данных на второй уровень трехуровневой архитектуры, что было бы невозможно при использовании SCADA-пакетов сторонних производителей.

### **Разработка интерфейсов взаимодействия программных подэлементов**

Трехуровневая организация программно-аппаратного комплекса предполагает как горизонтальную передачу данных (между этапами испытаний), так и вертикальную (между уровнями) (рис. 4).

Горизонтальная передача данных осуществляется за счет введения единого информационного пространства:

- реляционной базы данных с информацией об испытываемых стендах, испытаниях и планах испытаний;
- базы данных временных рядов с информацией об испытании.

Для минимизации затрат информационное пространство, обеспечивающее передачу данных между уровнями, должно максимально совпадать с информационным пространством передачи данных между тремя следующими выделенными подпрограммами: конструирование планов испытаний, отработка этапов испытаний и анализ установки.

Необходимо отметить, что нижний, средний и верхний уровни также имеют общее информационное пространство, тесно интегрированное с БД *Citadel* благодаря применению модуля DSC, распределенных переменных и протокола PSP.

Среда исполнения LabView

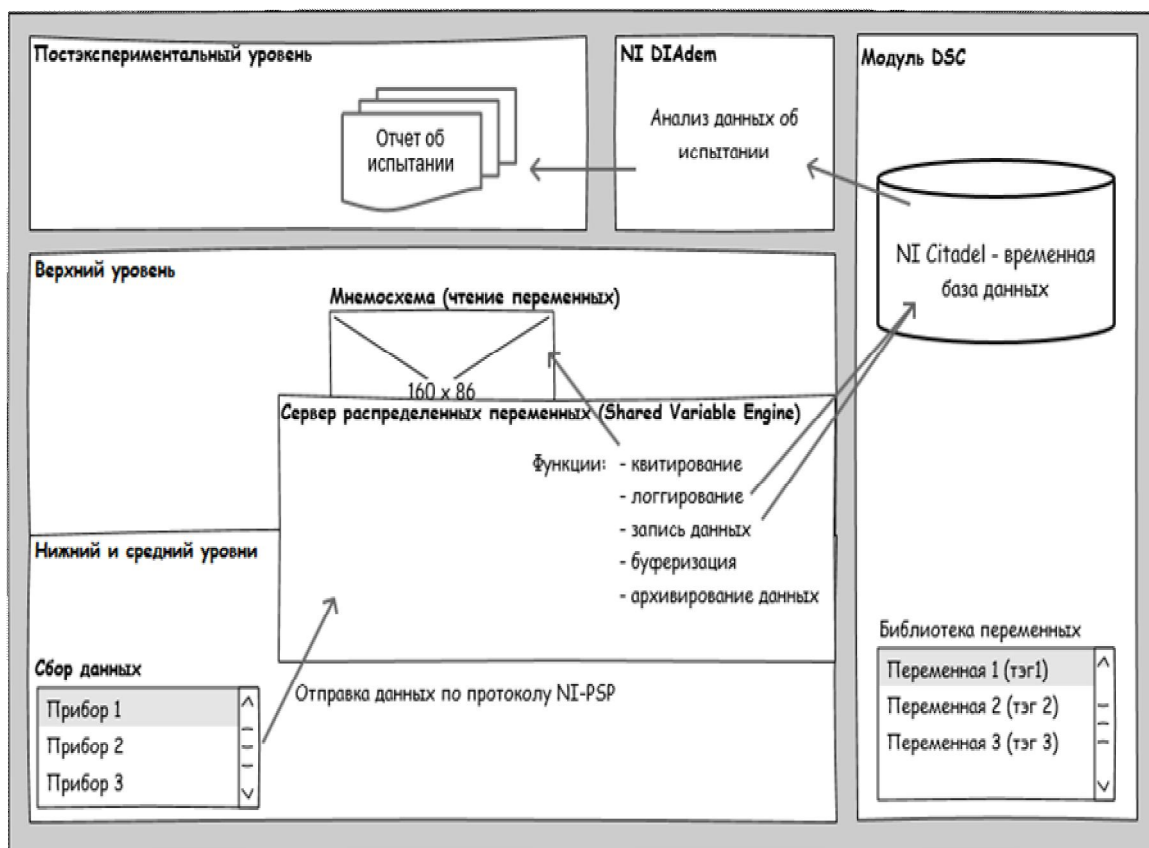


Рис. 4. Общая структура взаимодействия уровней архитектуры процесса проведения испытаний ГТУ

Связь между нижним и средним уровнем, а также между нижним и верхним уровнем обеспечивается технологией применения распределенных переменных с использованием программных утилит *Tag Engine*, *Multiple Variable Editor* и программы *Measurement & Automation*.

### Библиографический список

1. Севрюгин Н.Н. Автоматизация системы контроля процесса стендовых испытаний газотурбинных двигателей серийного производства: автореф. ... канд. техн. наук. – Рыбинск, 1999.
2. Яблочников Е.И., Молочник В.И. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства. – СПб.: ИТМО, 2008.

3. Интеллектуализация испытаний конвертированных газотурбинных установок для электроэнергетики / Б.В. Кавалеров, В.П. Казанцев, И.А. Шмидт, А.Н. Рязанов, К.А. Один // Системы управления и информационные технологии. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. техн. ун-та, 2009. – №4(34).

4. Дейт Дж. Введение в системы баз данных. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1328 с.

5. Boyer S.A. SCADA: supervisory control and data acquisition // Research Triangle Park (USA): ISA Publishing, 2004. – 219 p.

6. National Instruments. – URL: <http://www.ni.com>.

7. Критика OPC. – URL: <http://kildekode.ru/personal/6395/Tekhnologiya-REST-vmesto-OPC-v-sistemakh-promyshle.htm>

8. LabView Shared Variable // National Instruments. – URL: <http://www.ni.com/white-paper/4679/en>

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЯ *PAINT EFFECTS* ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА В РЕДАКТОРЕ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ *AUTODESK MAYA*

Студентка гр. АСУ-12м А.А. Бояршинова

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Р.Т. Мурзакаев*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Моделирование растительного мира природы является сложным и трудоемким процессом. Поэтому представляется целесообразным использование в этом процессе специализированных средств. Одним из таких средств является модуль *Paint Effects*, имеющийся в среде трехмерного моделирования *Autodesk Maya*.

Модуль *Paint Effects* предназначен для создания и анимирования сложных органических объектов, таких как колышущаяся трава, сверкающие молнии, разлетающиеся на ветру волосы, падающие капли дождя и т.п. Более того, полученные с его помощью объекты со временем могут изменяться, полностью преобразуясь, например, при желании можно создать анимацию раскрытия цветка: в первых кадрах это будет закрытый бутон, а в конце – уже полностью раскрывшийся цветок, причем его распускание будет выглядеть вполне реалистично. Или даже продемонстрировать растущие, словно по волшебству, деревья и кустарники [1].

Основу модуля *Paint Effects* составляют не геометрические объекты, а «шлепки» (splat) или трубки (tube), что позволяет значительно ускорить визуализацию (по сравнению с рендерингом геометрических объектов), сохранив при этом высокое качество изображений и текстур, использованных при рисовании. След кисти представляет собой трубку, которую можно визуализировать в виде трехмерного объекта.

Модуль *Paint Effects* используют при рендеринге буфера глубины (depth buffer или Z-буфер) наряду с шестью другими буферами для вычисления расположения штрихов (stroke) в трехмерной сцене, а затем размещают поверх них готовые объекты. Программа визуализации модуля *Paint Effects* выполняет не построчное сканирование, а монтаж: сначала осуществляется рендеринг геометрических объектов, а затем добавляются элементы, созданные модулем *Paint Effects* [2].

Для примера работы с *Paint Effects* в среде *Autodesk Maya* будем создавать трехмерную сцену анимационного фильма.

Для начала заранее подготовим поверхность с наложенной на нее текстурой (рис. 1).

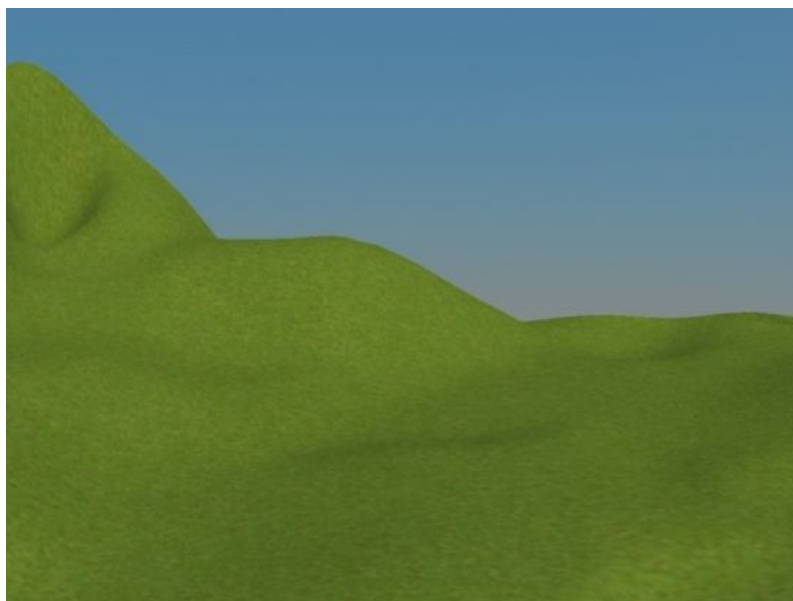


Рис. 1. Ландшафт для создания трехмерной сцены

Самый простой вариант рисования в модуле *Paint Effects* – рисование непосредственно в окне проекции кистью [3]. Для примера попробуем нарисовать прямо в окне проекции небольшой фрагмент травы. Выберем в меню *Windows* команду *General Editors*, а затем в открывшемся окне *Visor* (Просмотр образцов) указываем произвольный образец травы в папке *Grasses* (мы остановились на кисти *GrassWindWide*).

Нарисуем произвольную кривую, что приведет к созданию определенного фрагмента травы. Данный фрагмент можно перемещать, вращать и масштабировать, выделив NURBS-кривую, с которой он связан, и применив к ней соответствующие преобразования типа *Move tool*, *Rotate tool*, *Scale tool*. После того как кривая будет настроена, конвертируем ее в полигоны. Выполним данную операцию, используя в меню *Modify* функцию *Convert Paint Effects to Polygons*, а затем выбираем настройки (рис. 2).

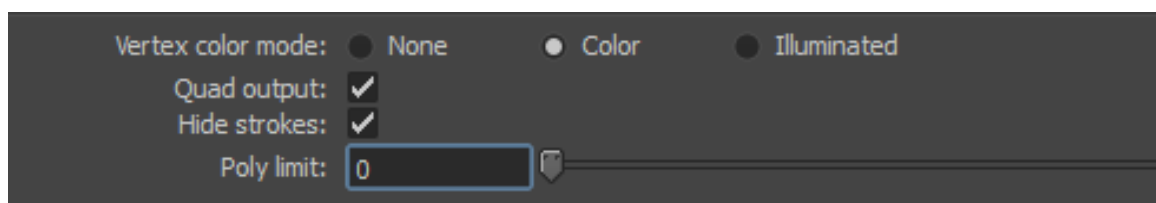


Рис. 2. Настройки конвертирования *Paint Effects to Polygons*

В итоге получается красивая трава, нарисованная всего за несколько минут (рис. 3).

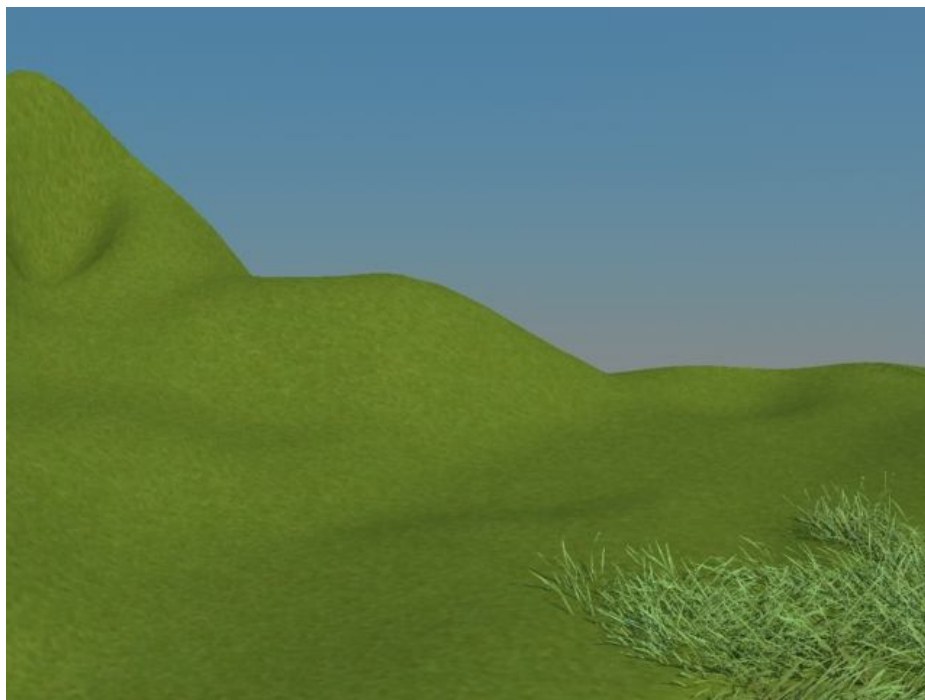


Рис. 3. Ландшафт с использованием кисти *GrassWindWide*



Рис. 4. Трехмерная сцена для анимационного фильма

На следующем этапе заполняется сцена дополнительными объектами. В данной сцене явно не хватает деревьев, облаков и кустов. Все эти кисти можно найти в окне *Visor*. Будем использовать образцы деревьев из папки *trees*, облака из папки *clouds*. Они основаны на том же принципе что и трава, нарисованная ранее. Поэтому повторяем пункты описанные выше.

Как только настройка модели сцены завершена, можно переходить к ее визуализации, т.е. к процессу прорисовки, в котором просчитываются пространственная геометрия и расположение объектов, освещение, положение камеры.

На рис. 4 представлена трехмерная сцена, выполненная с использованием модуля *Paint Effects*.

В ходе изучения основных этапов создания трехмерной сцены в *Maya 2012* познакомились с основными возможностями модуля *Paint Effects*. В результате построена сцена для мультипликационного фильма по сказки «Маленький Леший».

### **Библиографический список**

1. Первые шаги в Maya [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compress.ru/lesson.aspx>
2. Хоравас П., Кундерт-Гиббс Дж., Ли П. Maya Complete. Уроки мастерства: пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 784 с.
3. Цыпцын С. Понимая МАУА. Кн. 2. – М.: Арт Хаус медиа, 2007.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ФИГУРНОГО РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аспирант Шилов В.С., студентка гр. АСУ-11м А.Н. Клементьева**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Р.Т. Мурзакаев*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Для предприятий, задействованных в промышленном и металлургическом секторах производства, задача фигурного раскроя материала по-прежнему актуальна. Рациональное размещение заготовок на листе и меньший расход материала серьезным образом влияют на себестоимость, качество, а порой и объем выпуска конечной продукции [1, 2].

На сегодняшний день рынок автоматизированных систем предлагает достаточно большой перечень программных средств, предназначенных для автоматизации процесса раскроя листового материала. Раскром материала занимается множество представителей как отечественных, так и зарубежных школ [3]. Однако теоретических изысканий недостаточно для решения проблемы раскроя в рамках производства, необходимо спроектировать и разработать удобную и эффективную автоматизированную систему раскроя листового материала.

Следует отметить, что эффективность процесса раскроя зависит, в первую очередь, от полученной карты раскроя [4]. В общем случае под картой раскроя понимают наиболее рациональное размещение требуемого числа заготовок на листах или рулонах, при этом требуется минимизировать отходы, а так называемый деловой остаток учесть для дальнейшего использования. В данной статье рассмотрим процесс формирования рациональной карты раскроя.

Прежде чем приступить к проектированию требуемой системы, целесообразно выделить этапы формирования карты раскроя. На рис. 1 представлена обобщенная схема формирования карты раскроя.



Рис.1. Формирование карты раскроя

Первым этапом формирования карты раскроя является выбор деталей или изделий, то есть список деталей. В понятие списка деталей входят как единичные детали, так и изделия, которые представляют собой

набор деталей для изготовления совокупности объектов. Далее выбирают сортамент листов.

Сортаментом листов принято называть перечень листов, для которых однозначно определен набор параметров, таких как, например, материал изготовления и размер.

Совокупность выбранных деталей и листов входит в перечень задания на раскрой. Затем происходит размещение заданных деталей на листах, другими словами, получают карту раскроя. При этом эффективность размещения зависит от коэффициента использования материала, то есть соотношения суммарной площади фигур к площади листов.

### **Проектирование автоматизированной системы раскроя промышленных материалов**

С помощью наглядного графического языка IDEF0 разрабатываемую систему можно представить в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков – в терминах IDEF0) [5]. Контекстная диаграмма приведена на рис. 2.



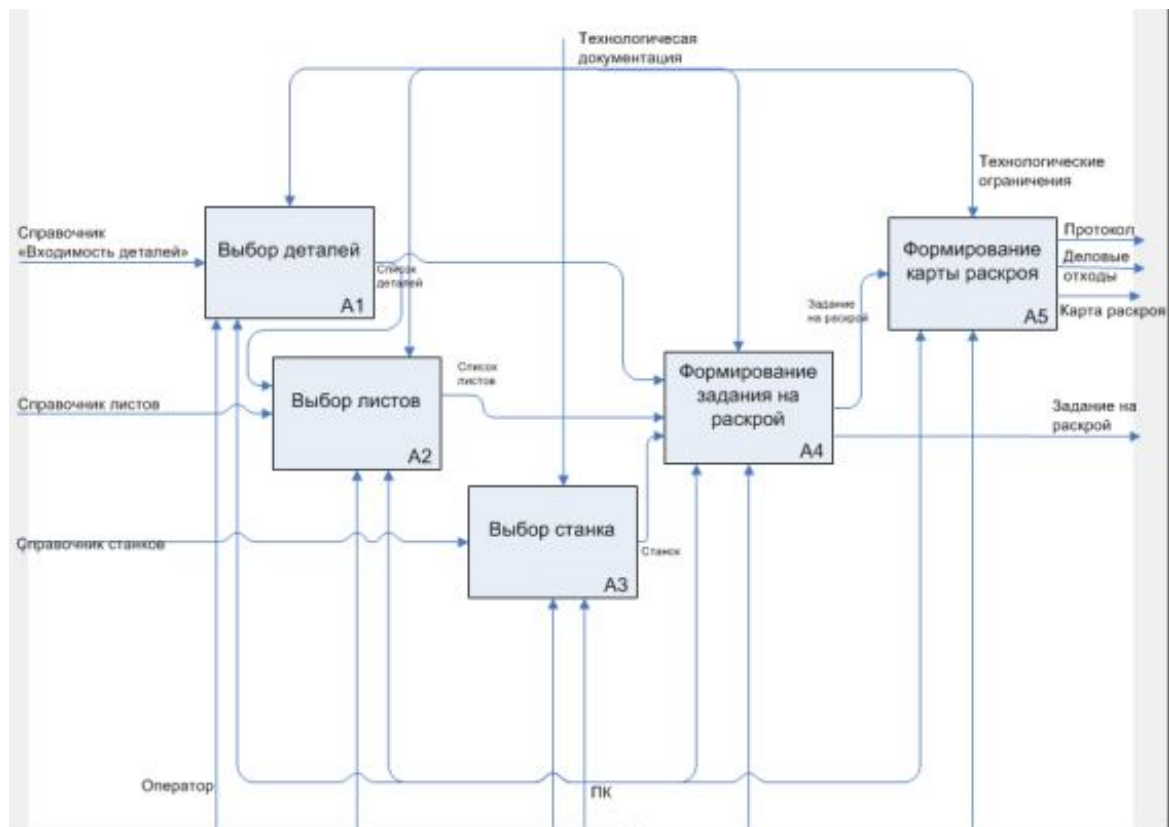
Рис. 2. Контекстная диаграмма верхнего уровня

Контекстная диаграмма наглядно демонстрирует входы, выходы, управляющие воздействия и механизмы, задействованные в технологическом процессе получения карты раскроя.

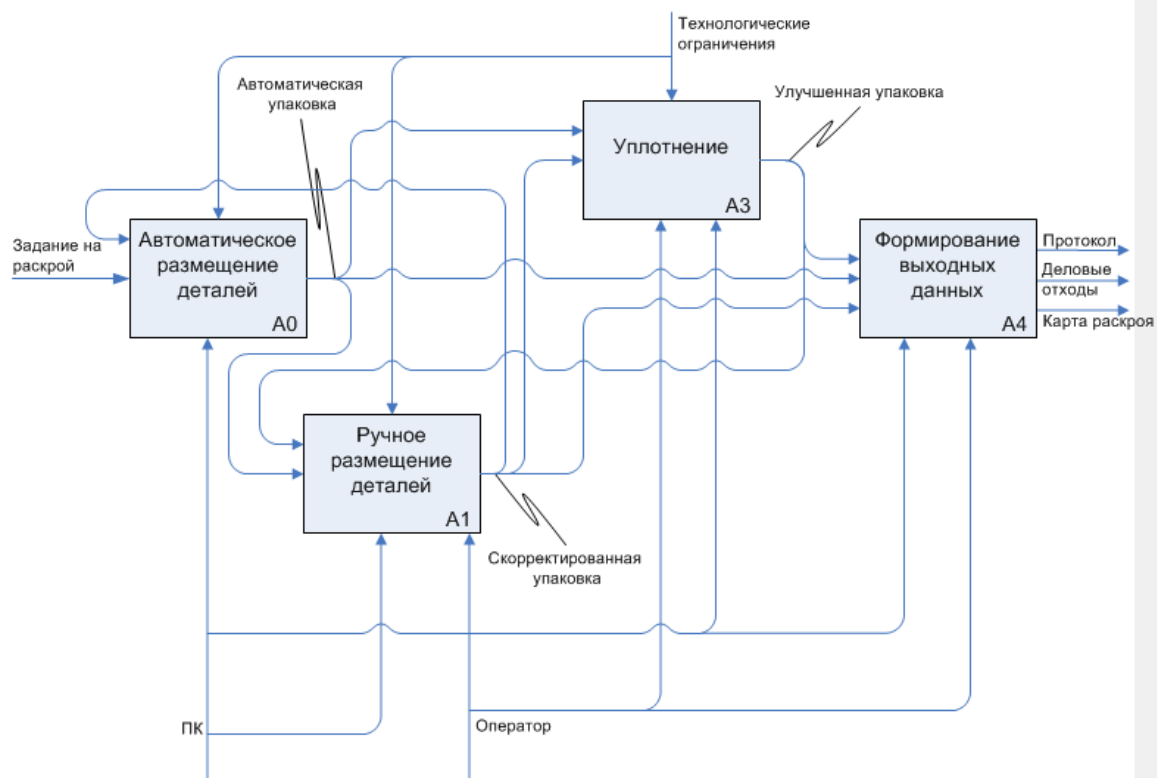
Декомпозиция контекстной диаграммы, представленная на рис. 3, а, более подробно отражает этапы формирования карты раскроя.

Декомпозиция процесса формирования карты раскроя приведена на рис. 3, б.

Однако диаграмма IDEF0 не отражает информационные потоки между функциональными блоками. Методология DFD может решить данную проблему, поскольку стрелки DFD показывают, как объекты (включая и данные) реально перемещаются от одной функции к другой.



*a*



*б*

Рис. 3. Декомпозиция контекстной диаграммы верхнего уровня (а) и декомпозиция функционального блока «Формирование карты раскрой» (б)

Это представление потока данных обеспечивает отражение в модели DFD таких физических характеристик системы, как движение объектов, хранение объектов, распространение объектов [6]. Данная диаграмма представлена на рис. 4.

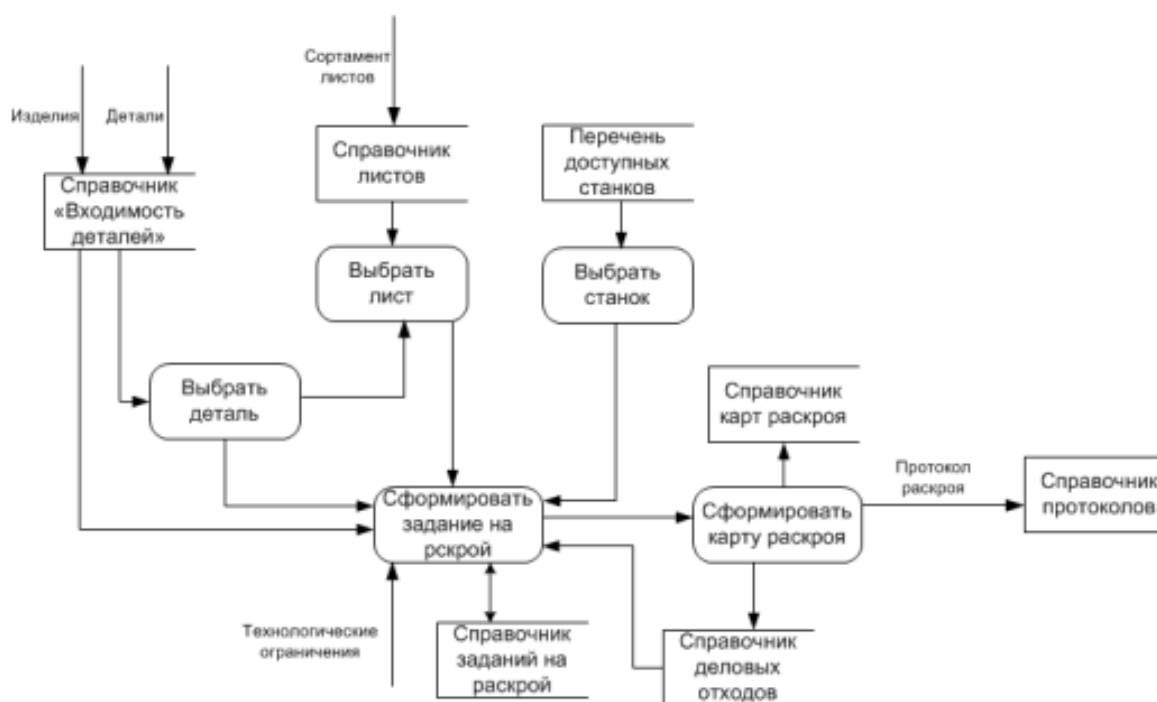


Рис. 4. Диаграмма потоков данных формирования карты раскрой

Необходимо отметить, что АС интегрирована с САПР КОМПАС-3D. В общем случае работа с разрабатываемой системой начинается с экспорта чертежей деталей из ИТ-системы предприятия.

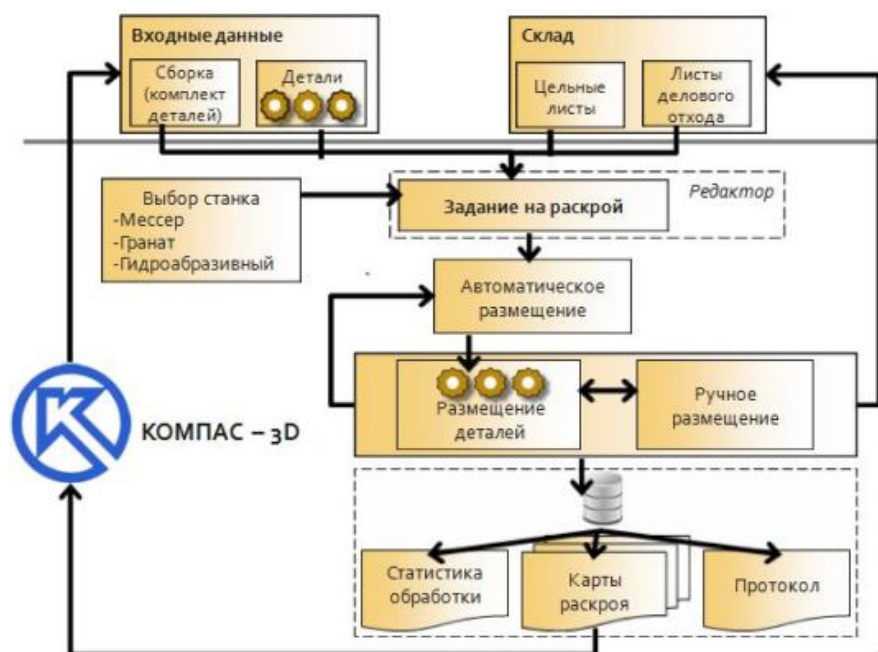


Рис. 5. Функциональность разрабатываемой АС

Фундаментом системы является задание на раскрой, которое формируется путем выбора сборки и/или деталей и листов со склада. Листы могут быть как цельными, так и деловыми остатками. При формировании задания пользователь выбирает станок, для которого будет проводиться формирование карты раскроя.

Далее АС выполняет автоматическое размещение деталей на листах. Пользователю предоставляется возможность в ручном режиме переместить детали, после чего возможно либо передать результат на повторное автоматическое размещение либо перейти к следующему шагу.

Заключительным этапом работы разрабатываемой системы является непосредственное получение результатов работы, то есть карты раскроя, протокола и статистики работы программы. Карта раскроя в dxf-формате экспортируется в КОМПАС. Таким образом, алгоритм работы системы замыкается на САПР (ИТ-системе предприятия).

На рис. 5 представлена функциональность системы.

При проектировании автоматизированной системы фигурного раскроя листового материала учитывалась потребность в интеграции программного обеспечения с ИТ-системами предприятия. Возможность взаимодействия системы с открытым САПР-форматом dxf позволяет пользователям создавать чертежи деталей в привычных для них системах проектирования. Ручное размещение деталей способствует ликвидации возможных неточностей при работе алгоритмов автоматического размещения.

### **Библиографический список**

1. Файзрахманов Р.И. Оптимизация процесса раскроя промышленных материалов по критерию минимума материальных потерь при наличии технологических ограничений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2011.
2. Полевов А.В. Разработка алгоритмов и программ раскроя листового материала в условиях единичного производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2005. – 20 с.
3. Мухачева Э.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Применение в АСУ. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с.
4. Петренко С.В. Оптимизация размещения двумерных геометрических объектов на анизотропном материале с использованием методов математического программирования: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2005. – 115 с.
5. Кулябов Д.С., Королькова А.В. Введение в формальные методы описания бизнес-процессов: учебное пособие. – М.: РУДН, 2008. – 173 с.
6. Миндалёв И.В. Электронный учебно-методический комплекс «Моделирование бизнес-процессов» / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – URL: <http://www.kgau.ru/istiki/umk/mbp/ch06s13.html>

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С НЕЙРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Студенты гр. КОБ-11-2 Э.Д. Салимзебаров, М.Н. Семаков

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Т.С. Леготкина,

д-р техн. наук, профессор Ю.Н. Хижняков

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Объединение элементов нечеткой логики (фаззификация ) и нейронной сети позволяет исключить недостатки нечеткой логики и проектировать адаптивные нечеткие регуляторы [1]. По сравнению с традиционными методами анализа нечеткое управление с применением нейронной технологии позволяет проводить анализ задачи и получать результаты с заданной точностью, обеспечивать значительное повышение быстродействия процессов управления при использовании нейро-нечетких контроллеров и создании систем управления для объектов, где нецелесообразно применять методы традиционной математики.

Исследуемая система (рис. 1) состоит из входного элемента сравнения ЭС1, фаззификатора, блока адаптации (блок коэффициентов  $\Phi$ , сумматор, элемент сравнения ЭС2), активационного блока, представленного активационными функциями  $F_i$  и сумматором, и объекта.

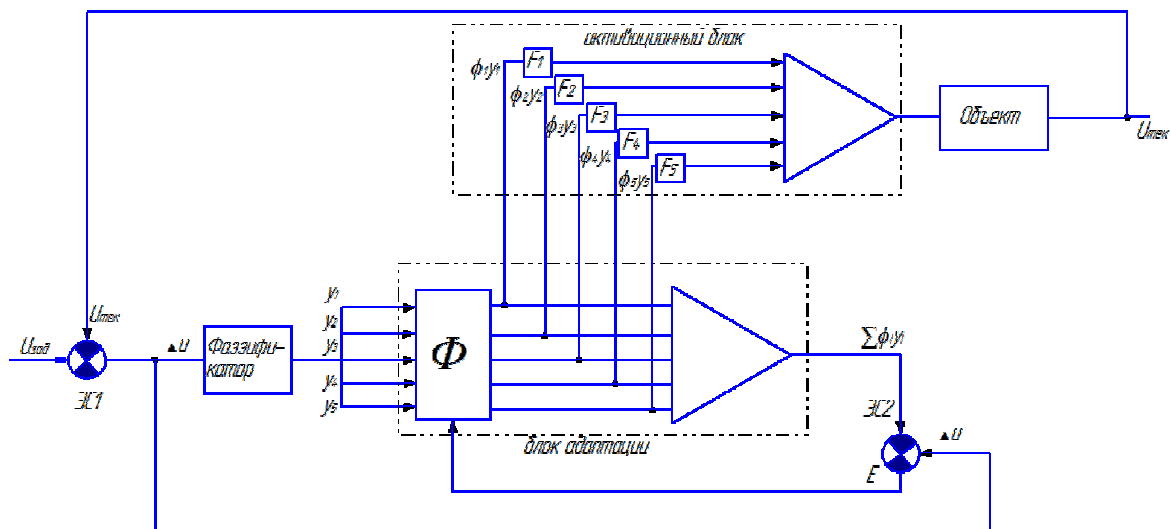


Рис. 1. Структура исследуемой системы

Фаззификатор (рис. 2) представляет совокупность функций принадлежности (терм) [2]. Выделяются области, соответствующие следующим диапазонам: отрицательное большое – ОБ, отрицательное среднее – ОС, норма – Н, положительное среднее – ПС, положительное большое – ПБ и соответствующие им значения функции принадлежности (термы) –  $y_{ОБ}, y_{ОС}, y_{Н}, y_{ПС}, y_{ПБ}$ .

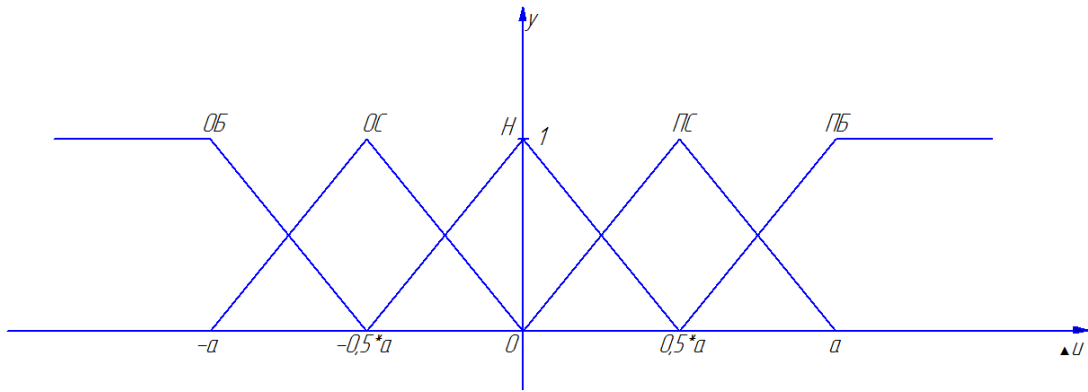


Рис. 2. Кривые функции принадлежности (термы)

Обозначим  $y_{ОБ} = y_1; y_{ОС} = y_2; y_{Н} = y_3; y_{ПС} = y_4; y_{ПБ} = y_5$ .

Сигнал ошибки  $\Delta U = U_{зад} - U_{тек}$  поступает на фаззификатор, который описывается системой уравнений:

$$ОБ: \left\{ \begin{array}{l} y_1 = 1; \quad \Delta U < -a; \\ y_1 = -\frac{2}{a}\Delta U - 1; \quad -a \leq \Delta U < -0,5a; \end{array} \right\};$$

$$ОС: \left\{ \begin{array}{l} y_2 = \frac{2}{a}\Delta U + 2; \quad -a \leq \Delta U < -0,5a; \\ y_2 = -\frac{2}{a}\Delta U; \quad -0,5a \leq \Delta U < 0; \end{array} \right\};$$

$$Н: \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{2}{a}\Delta U + 1; \quad -0,5a \leq \Delta U < 0; \\ y_3 = -\frac{2}{a}\Delta U + 1; \quad 0 \leq \Delta U < 0,5a; \end{array} \right\};$$

$$ПС: \left\{ \begin{array}{l} y_4 = \frac{2}{a}\Delta U; \quad 0 \leq \Delta U < 0,5a; \\ y_4 = -\frac{2}{a}\Delta U + 1; \quad 0,5a \leq \Delta U < a; \end{array} \right\};$$

$$ПБ: \left\{ \begin{array}{l} y_5 = \frac{2}{a}\Delta U - 1; \quad 0,5a \leq \Delta U < a; \\ y_5 = 1; \quad a \leq \Delta U; \end{array} \right\}.$$

Здесь  $a$  определяется диапазоном изменения  $\Delta U$ , например,  $a = 0,1$ .

Каждое значение  $\Delta U$  возбуждает две термы фаззификатора, сумма этих сигналов для приведенной системы равна 1.

Далее сигналы с фаззификатора  $y_i$  ( $i = 1,2,3,4,5$ ) поступают на блок адаптации. Задача блока адаптации состоит в изменении коэффициентов

(синапсов) нейрона  $\phi_i$  с целью отработки отклонения между выходом сумматора нейрона и сигналом  $\Delta U$ , представляющим разность сигналов задания и выхода объекта. Алгоритм адаптации подстраивает коэффициенты  $\phi_i$  так, чтобы свести ошибку  $E(k) = \Delta U - \sum \phi_i y_i$  до некоторой заданной величины, например,  $10^{-3}$ . Были проверены алгоритмы адаптации.

Для рассматриваемой системы была составлена программа на языке Паскаль ABC. В программе исследования имеется возможность подключения либо метода стохастической аппроксимации, либо метода обучения [3, 4]. Произведение  $\phi_i y_i$  подается на активационный блок.

Метод стохастической аппроксимации основан на рекуррентном соотношении

$$\phi_i(k+1) = \phi_i(k) + CE(k)y_i(k),$$

где  $\phi_i(k)$  – коэффициент нейрона для  $i$ -го входа на  $k$ -й итерации;  $E(k)$  – ошибка управления,  $E(k) = (\Delta U - \sum \phi_i y_i)$ ;  $C$  – корректирующий коэффициент либо постоянная величина, либо его можно менять, представив в виде  $C(k) = \frac{C}{k}$  ( $k$  – номер итерации).

Рассматриваемый метод стохастической аппроксимации как метод адаптации требует большого количества итераций (порядка нескольких десятков), что в условиях моделирования в реальном времени нежелательно. Меньшее число итераций при одинаковой заданной точности дает метод обучения с моделью [3], который снижает число итераций до 1–2, даже при достаточно высокой заданной точности (до  $10^{-7}$ ). Метод обучения строится также по рекуррентной формуле

$$\phi_i(k+1) = \phi_i(k) + E(k)y_i(k) / \sum y_i^2.$$

Каждое произведение  $\phi_i y_i$  подается на свой активационный блок  $F_i$ . Это сделано для того, чтобы оценить влияние каждого сигнала  $\phi_i y_i$  на общий выходной сигнал. Сумма сигналов с активационных блоков представляет сигнал управления объектом.

Рассмотрены 3 вида активационных функций:

1.  $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-kx}}$  смещенная сигмоидальная функция;
2.  $f(x) = \frac{1 - e^{-kx}}{1 + e^{-kx}}$  симметричная сигмоидальная функция;
3.  $f(x) = \frac{2}{\pi} \operatorname{arctanh} x$  гиперболический косинус.



Сигмоидальная функция обладает свойством усиливать слабые сигналы лучше чем сильные, и предотвращает насыщение от сильных сигналов, так как они соответствуют областям аргументов, где сигмоид имеет положительный наклон. Отличие гиперболического тангенса от смещенной сигмоидальной функции в том, что он принимает значения разных знаков, что для ряда нейронных регуляторов является полезным, кроме того, наклон функции гиперболического косинуса меньше, а значит, коэффициент усиления также меньше.

В качестве объекта была смоделирована система, описываемая дифференциальным уравнением третьего порядка, имеется возможность менять коэффициенты уравнения.

С использованием разработанной программы проведено исследование различных объектов. Был использован только один контур по отклонению, и получены хорошие результаты. На рис. 3 приведен сравнительный анализ переходных процессов для системы 3-го порядка без регулятора и с нейронным регулятором. Перерегулирование снижено до 0, а время регулирования уменьшилось на 30 %.

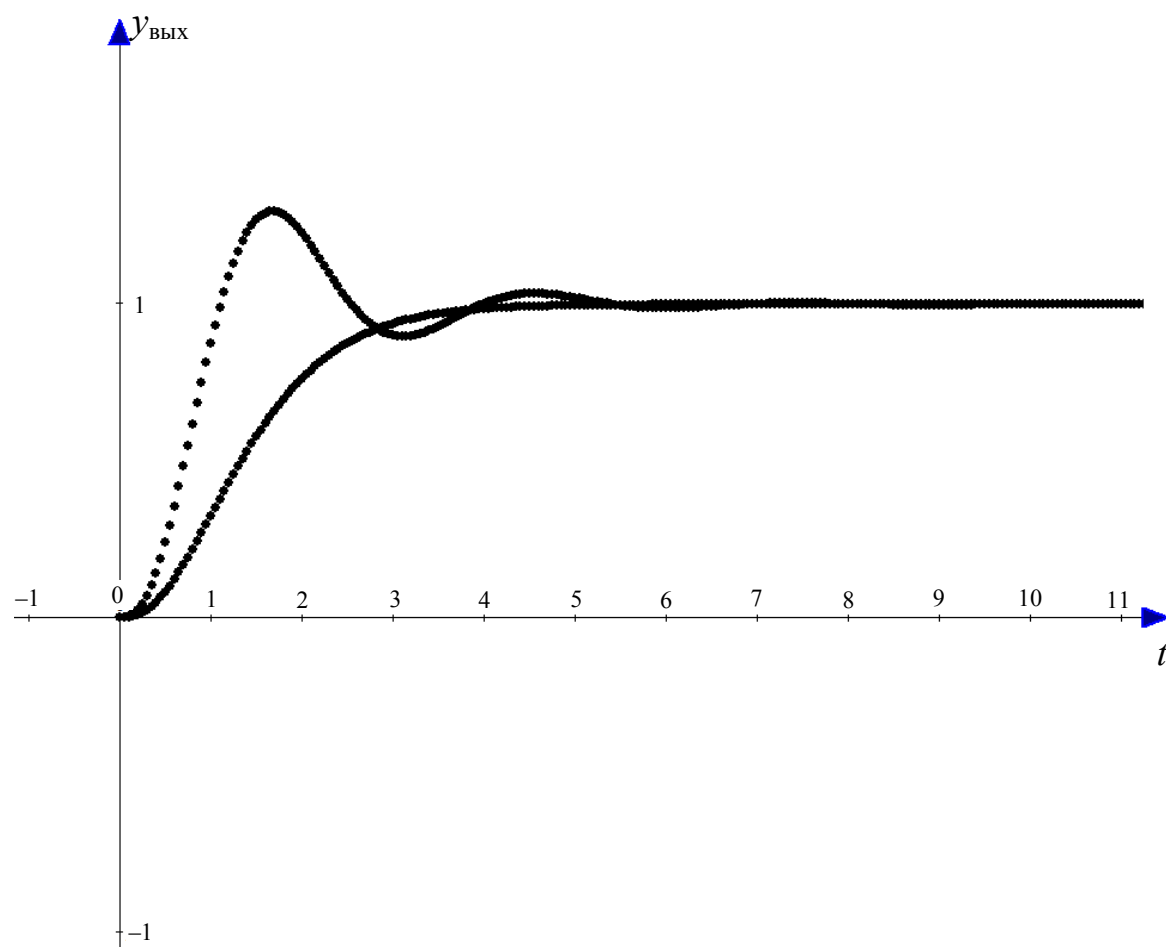


Рис. 3. Графики переходных процессов: 1 – выходной сигнал в системе без регулятора, 2 – выходной сигнал в системе с нечетко-нейронным регулятором

В программе имеется возможность определения наилучшей совокупности сигналов, поступающих на вход выходного сумматора, т.е. может быть исследована роль сигналов функции принадлежности. Так, изменение коэффициента « $k$ » в активационной функции влияет на переходный процесс. Для уменьшения времени переходного процесса нужно увеличивать « $k$ » в активационных блоках, работающих с большими изменениями  $\Delta U$ . Кроме того, можно для разных терм применять разные активационные функции, от этого зависит время регулирования в переходных процессах.

Был исследован только контур по отклонению, и были получены хорошие результаты. Для еще большего улучшения динамических характеристик можно ввести контуры по 1-й производной, по второй производной. Разработанная программа исследования может быть минимизирована с учетом того, что в каждый момент времени активированы только два канала.

### **Библиографический список**

1. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах: учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с.
2. Хрестоматия [Электронный ресурс]. – URL: <http://zdo.vstu.edu.ru/umk/html/manual/book.html> (дата обращения: 11.05.2012).
3. Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1976. – С. 5–9.
4. Леготкина Т.С., Данилова С.А. Методы идентификации систем. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 48–50.

# ВЫБОР ПРИТИРА ДЛЯ ДОВОДОЧНЫХ СТАНКОВ

Аспирант А.Ю. Ардеев

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор В.В. Смогунов  
Пензенский государственный университет

Выбор притира – одна из основных задач при проектировке притирочного станка. Необходимо, чтобы притир был изготовлен из материала, имеющего, как правило, меньшую твердость по сравнению с твердостью обрабатываемого материала, хорошо шаржировался, не должен иметь раковин, пузырей при малой износостойкости материала притира.

Материал притира оказывает влияние как на производительность процесса, так и на качество обработанных поверхностей. Так, при доводке изделий из закаленной стали 45 притирами, изготовленными из различных материалов (шаржированными электрокорундовым микропорошком М14 с добавкой керосина и 2 % олеиновой кислоты), при одних и тех же режимах обработки съем металла был различным. Данные по съему приведены в табл. 1\*.

Таблица 1

Влияние материала и его твердости на съем металла

Материал притира	Твердость по Бринеллю	Толщина снимаемого слоя, мк
Чугун	160	2,9
Сталь 15	143	3,2
Сталь 45	207	2,7
Сталь 40Х закаленная	490	2,5
Медь	70	3,2
Алюминий	85	2,7
Зеркальное стекло	–	3,3

Притиры чаще всего изготавливают из чугуна, а также стали, меди, латуни, ситалла, керамики, текстолита, свинца, оптического стекла, твердых пород дерева и других материалов.

Для изготовления чугунных притиров рекомендуется серый перлитный чугун без твердых включений и пористости следующего химического состава (в %): углерод – 2,8...3,10 (в том числе связанный 0,6...0,8); марганец – 0,5...0,7; кремний – 1,8...2,0; сера – 0,1...0,12; фосфор – 0,3...0,1.

\* Масловский В.В. Доводочные и притирочные работы – М.: Высшая школа, 1971. – 257 с.

Структура чугуна должна быть с перлитной основой (90...95 % перлита) и равномерно распределенными выделениями графита в виде отдельных гнезд и тонких пластинок, малозавихренных и не переплетающихся между собой.

Исключительная роль в материале чугуна принадлежит углероду. Общее содержание углерода оказывает влияние на износостойкость и на характер выделения графита.

Слишком малое содержание общего углерода приводит к образованию мелкого и эвтектического графита, повышенное содержание – крупного графита. Наличие этих видов графита неблагоприятно сказывается на износостойкости чугуна.

При изготовлении чугуна притиров необходимо учитывать отдельно содержание углерода свободного и связанного. Связанный углерод, входящий в состав перлита, должен быть в наибольшем количестве (0,6...0,8 %). Чем больше связанного углерода в чугуне, тем выше его твердость и износостойкость.

Твердость по Бринелю необходимо иметь в пределах 200...220 кг/мм<sup>2</sup> для доводки пастами ГОИ и 150...170 кг/мм<sup>2</sup> – при шаржировании абразивными порошками.

В практике доводки наибольшее применение получили притиры из серого чугуна СЧ10-СЧ25 по ГОСТ 1412-85 перлитной структуры пластинчатой формы по ГОСТ 3443-87, твердостью 143...241НВ по ГОСТ 27208-87 с химическим составом: углерод – 3,2...3,7 %; кремний – 1,4...2,2 %; марганец – 0,5...1,0 %; фосфор – 0,2...0,3 %; сера – не более 0,15 %.

По виду обработки притиры разделяются на черновые и чистовые. Черновые притиры предназначены для предварительной, а чистовые – для окончательной обработки. Черновые притиры имеют канавки, выполняющие роль резервуаров для помещения абразивно-доводочных материалов и отходов в процессе обработки. Канавки оказывают положительное влияние на ход процесса доводки. Чистовые притиры, как правило, канавок не имеют\*.

Практика показала, что перлитные чугуны наиболее эффективны для изготовления притиров для предварительной доводки. Они наиболее износостойки и хорошо удерживают абразивные зерна.

Для окончательной доводки наиболее подходят мягкие ферритные с фосфидной эвтектикой или перлитоферритные чугуны с мелкодисперсным и тонкопластинчатым перлитом. Они хорошо шаржируются абразивным порошком зернистостью М3...М1.

---

\* Масловский В.В. Доводочные и притирочные работы – М.: Высшая школа, 1971. – 257 с.

При отливке чугунных притиров в результате неравномерного охлаждения, а также процессов фазовых и структурных превращений возникают значительные остаточные напряжения, которые являются причиной потери точности притира.

Притир является точным инструментом, к которому в процессе его эксплуатации предъявляются очень жесткие требования. Допуски на износ или деформацию очень малы и составляют несколько микрон\*. Поэтому внутренних напряжений в притире не должно быть.

Для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств чугуна заготовки для притиров должны подвергаться термической обработке.

Наиболее эффективным методом снятия остаточных напряжений в отливках является отжиг при температуре 450...500 °С.

Отжиг рекомендуется производить по следующему режиму:

- 1) притиры после черновой механической обработки загружают в печь, нагретую до температуры не выше 100 °С;
- 2) скорость нагрева – не больше 60° в час;
- 3) температура отжига  $450 \pm 20$  °С;
- 4) время выдержки назначают из расчета 25 мм/ч по наибольшей толщине;
- 5) скорость охлаждения – не больше 40 °С в час;
- 6) выгрузка деталей при температуре не выше 80 °С.

Наивысшие параметры качества доводимой поверхности достигают притирами, изготовленными из чугуна, легированного оловом и титаном, а также из чугуна, получаемого методом электрошлакового переплава, обладающего высокой однородностью структуры.

Стальные притиры обеспечивают более высокую производительность при доводке.

Притиры из меди, олова и других мягких материалов хорошо шаржируются абразивными частицами. Они изнашиваются быстрее чугунных, но обеспечивают малую шероховатость обрабатываемых поверхностей даже при использовании суспензий и паст с абразивом средней зернистости.

Притиры из оптического стекла применяются при доводке деталей из алюминиевых и медных сплавов, керамики. Они обеспечивают высокую точность при обработке и более износостойки по сравнению с чугунными.

Лучшие результаты по доводке достигнуты на стеклянных притирах из стекла сортов МКР-1 («Пирекс») и ЛК6 (ГОСТ 3514-94).

---

\* Масловский В.В. Доводочные и притирочные работы – М.: Высшая школа, 1971. – 257 с.

Эти сорта отличаются значительной твердостью и прочностью, высокой химической устойчивостью и по сравнению со стеклами других составов весьма малым износом. Кроме того, данные сорта обладают малым коэффициентом теплового расширения.

Это свойство особенно ценно при точных работах, когда изменения температуры в стекле не должны вызывать искажения формы притира.

Притиры из стекла на протяжении многих лет успешно применяют при доводке алюминиевых и медных сплавов.

Сорт стекла имеет существенное значение. Так, например, при обработке бронзы на притире из стекла зеркального сорта производительность снижается примерно на 30 % по сравнению с обработкой на стекле марки МКР-1 («Пирекс»).

Однако в ряде случаев стеклянные притиры из зеркального стекла оказались все же экономичнее чугунных.

Опыты показывают, что для съема 1000 мм<sup>3</sup> бронзы расходуется при пользовании чугунным притиром 975 г пасты ГОИ 30 мк, а при пользовании стеклянным притиром – 650 г, при этом стеклянный притир изнашивается на 13 мк, а чугунный – на 20 мк.

Малый износ стеклянного притира под действием паст имеет огромное значение не только для сохранения точности притира в течение продолжительного времени, но и для повышения производительности процесса.

Паста, воздействуя преимущественно на обрабатываемую поверхность, естественно, приводит к увеличению удельного съема металла и экономно расходуется.

К достоинствам стекла относится не только его высокое сопротивление износу под действием химических паст, но также и однородность, антикоррозийность, возможность быстрой правки свободным абразивом без шаржирования поверхности со сравнительно малыми затратами времени.

Указанные преимущества способствуют повышению качества доведенных поверхностей и общей культуры производства и позволяют успешно применять стекло для притиров.

Детали передвигаются по стеклянному притиру более легко. К притиру не пристают опилки и мелкие стальные стружки, потому что он совершенно не обладает магнитными свойствами.

В табл. 2 даны рекомендации по выбору материалов притиров в зависимости от вида доводочной операции.

**Материал притира при доводке деталей из материалов  
с высокой твердостью**

Вид доводочной операции	Снимаемый припуск, мм	Материал притира	Достижимая шероховатость обработанной поверхности, мкм
Предварительная	0,02...0,05	Чугун, сталь	Ra = 0,16...0,63
Получистовая и чистовая	0,01...0,02	Чугун, текстолит, цветные металлы, самшит	Ra = 0,04...0,16
Окончательная	0,003...0,01	Чугун, самшит, береза	Ra = 0,02...0,08 Rz = 0,05...0,1

Притиры при доводке алмазными или эльборовыми микропорошками выполняют те же функции, что и при доводке абразивными микропорошками, и при подборе материала для притиров в этом случае руководствуются теми же рекомендациями. Однако твердость алмаза и эльбора и их режущая способность значительно выше, чем абразива, что необходимо учитывать при назначении технологических режимов доводки.

# ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА СХЕМ ФУНКЦИЙ СМЕШАННОГО ТИПА В ФПТ-БАЗИСЕ

Аспирант А.А. Сулейманов

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор С.Ф. Тюрин  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## *Концепция ФПТ-базиса*

Современные ПЛИС являются микросхемами большой степени интеграции, которые используются в аппаратуре специального назначения. В продукции подобного рода особые требования предъявляются к надежности проектируемых устройств и к элементной базе в частности. В настоящее время большое количество исследований направлено на создание методов повышения надежности ПЛИС. В том числе исследования проводятся в области разработки технологий и методов встроенного восстановления работоспособности логики. Одним из методов построения отказоустойчивой аппаратуры является метод, основанный на концепции функционально-полного толерантного элемента [1].

Концепция функционально-полного толерантного элемента предлагает использовать базисные функции для заданной модели отказов, позволяющие вычислять исходные за большее время после соответствующей реконфигурации.

Такой подход к элементной базе соответствует тенденциям своего рода ресурсосбережения в области отказоустойчивости – использование даже ограниченных функциональных возможностей аппаратуры с отказами с целью адаптации к ним [2].

Синтез комбинационного автомата в заданном базисе заключается в представлении соответствующих булевых функций в виде базисных функций. Такая суперпозиция при синтезе в традиционных базисах И-НЕ, ИЛИ-НЕ производится методом, использующим закон Де Моргана, например, в базисе 2И-НЕ:

$$f_{\geq 2} = \overline{\overline{ab} \vee \overline{bc} \vee \overline{ac}} = \overline{\overline{\overline{ab} \vee \overline{bc}} \overline{ac}} = \overline{\overline{\overline{ab} \cdot \overline{bc}} \overline{ac}} \quad (1)$$

Представление мажоритарной функции  $f_{\geq 2}$  (1) содержит одни операции 2И-НЕ, для этого необходимо 6 операций (6 элементов 2И-НЕ), причем быстрдействие реализации определяется максимальным количеством операций в последовательных цепочках – от переменной к последней операции.



Сложность представления булевых функций в базисе  $f = \bar{x}_1\bar{x}_2\vee\bar{x}_3\bar{x}_4$  заключается в двойственности базиса. Он содержит как операции конъюнкции, так и операции дизъюнкции, это дает возможность рассматривать  $f$  как функции 2ИЛИ-НЕ-2ИЛИ, 2И-2ИЛИ-НЕ, 2НЕ-И-2ИЛИ.

Ясно, что можно учитывать только бинарные подбазисы  $f$  и представление (1), но это приведет к использованию только половины возможностей ФПТ-элемента, и для ряда функций нет других представлений, но тем не менее даже при таком использовании возникают новые возможности для унификации, поскольку один и тот же элемент может быть использован как базис 2И-НЕ и 2ИЛИ-НЕ.

Реализация в базисе  $\bar{x}_1\bar{x}_2\vee\bar{x}_3\bar{x}_4$  позволяет получить значительный выигрыш в сложности при реализации большого класса булевых функций, что дает выигрыш в вероятности адаптации и безотказной работы, а в ряде случаев возможен и выигрыш в быстродействии.

### ***Синтез функций смешанного типа***

Как известно из [1], все множество булевых функций можно разделить на три вида: функции с разделяющей переменной, общей переменной и несвязные функции. Однако данные функции представляют собой частные случаи, а на самом деле функции могут представлять собой, к примеру, такие вариации, как показано в табл. 1. В данном случае мы видим несвязную функцию, которая может представлять собой набор конъюнкций и дизъюнкций, как несвязная функция. При этом мы получим следующую схему по методу, описанному в [1], для синтеза несвязных функций (рис. 1). Общее количество элементов в данной схеме равно 23.

Таблица 1

Пример функции смешанного типа

$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$	$i$	$j$	$k$	$l$
1	~	~	~	~	~	~	~	0	0	~	~
~	1	~	~	~	~	~	~	0	1	~	~
~	~	1	~	~	~	~	~	1	0	~	~
~	~	~	1	~	~	~	~	1	1	~	~
~	~	~	~	1	~	~	~	~	~	0	0
~	~	~	~	~	1	~	~	~	~	0	1
~	~	~	~	~	~	1	~	~	~	1	0
~	~	~	~	~	~	~	1	~	~	1	1

Однако на самом деле можно выделить из данной несвязной функции несколько функций с развязывающими или общими переменными (табл. 2 и 3) и связать их между собой дизъюнктом.

Подфункция с развязывающими переменными  $i$  и  $j$ 

$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$	$i$	$j$	$k$	$l$
1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	0	0	$\sim$	$\sim$
$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	0	1	$\sim$	$\sim$
$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	0	$\sim$	$\sim$
$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	1	$\sim$	$\sim$

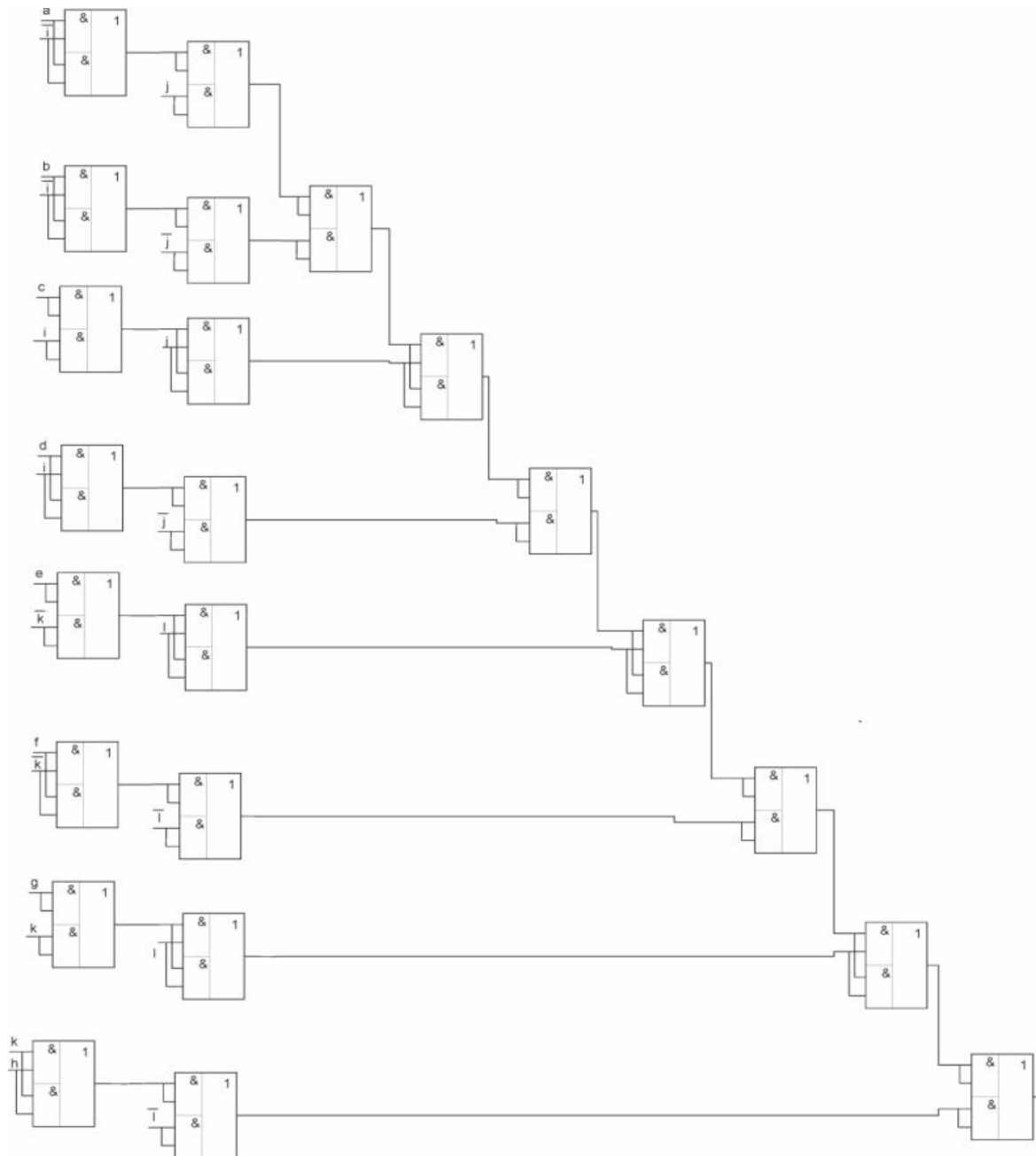


Рис. 1. Схема функции, заданной табл. 1, построенная методом синтеза несвязных функций

Таблица 3

Подфункция с развязывающими переменными  $k$  и  $l$ 

$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$	$i$	$j$	$k$	$l$
$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	0	0
$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	0	1
$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	0
$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$	1	1

При этом мы получим следующую схему (рис. 2). Количество используемых элементов равно 9.

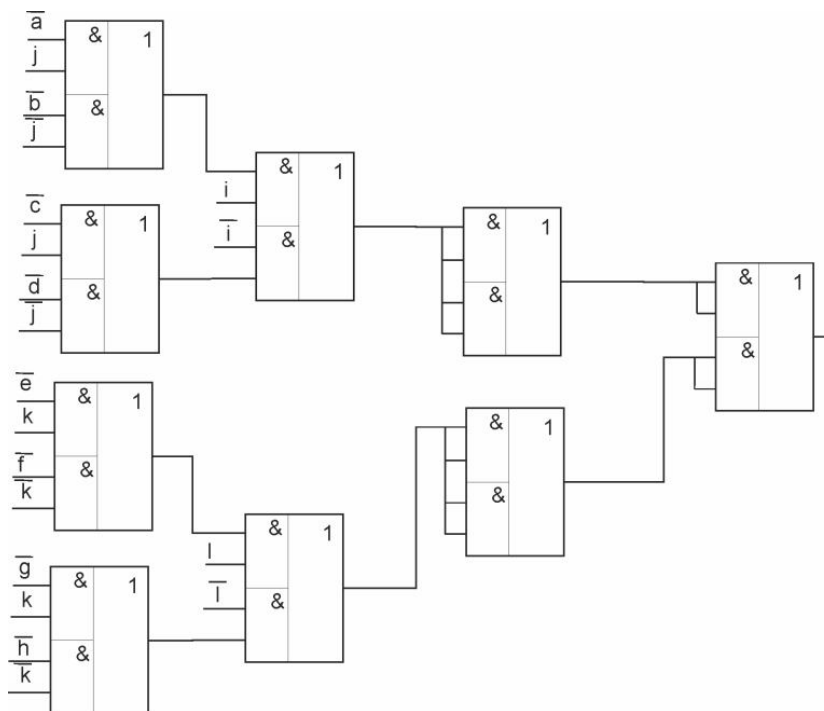


Рис. 2. Схема функции, заданной табл. 1, построенная как смешанная функция с развязывающими переменными

Ясно, что мы можем делить схему, если наши функции не имеют общих значимых переменных. Нужно только сгруппировать несвязные импликанты в новые функции, которые будут связываться дизъюнктом. При этом в качестве дизъюнктора можно использовать ФПТ-элемент с задействованными входами 1 и 2 для первой функции, а 3 и 4 – для второй. Также нужно будет добавить 2 элемента для инверсии функции. В случае если у нас подфункций больше двух, то мы их связываем многовходовым дизъюнктом. Алгоритм построения многовходового дизъюнктора [1]:

1. Построить иерархическую структуру дизъюнктора с числом входов, равным количеству импликант исходной функции, используя 1-й и 3-й входы логических элементов на нечетных каскадах и входы 1 и 2 на четных каскадах.

2. Если внешний дизъюнктор расположен на нечетном уровне, то на него следует «подавать» инверсное значение импликанты и прямое – в противном случае.

Решим пример алгоритмом приведенным выше. Пусть задана функция с помощью табл. 4.

Таблица 4

Многокаскадная смешанная функция

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
1	~	0	~	~	~	~	~	~	~	~	~
~	1	1	~	~	~	~	~	~	~	~	~
~	~	~	1	~	0	~	~	~	~	~	~
~	~	~	~	1	1	~	~	~	~	~	~
~	~	~	~	~	~	1	~	0	~	~	~
~	~	~	~	~	~	~	1	1	~	~	~
~	~	~	~	~	~	~	~	~	1	~	0
~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	1	1

В данном случае мы можем выделить 4 несвязанные подфункции, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Подфункции таблицы 4

<table border="1"> <tr><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td></tr> <tr><td>1</td><td>~</td><td>0</td></tr> <tr><td>~</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	1	~	0	~	1	1	<table border="1"> <tr><td><i>d</i></td><td><i>e</i></td><td><i>f</i></td></tr> <tr><td>1</td><td>~</td><td>0</td></tr> <tr><td>~</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	1	~	0	~	1	1	<table border="1"> <tr><td><i>g</i></td><td><i>h</i></td><td><i>i</i></td></tr> <tr><td>1</td><td>~</td><td>0</td></tr> <tr><td>~</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	1	~	0	~	1	1	<table border="1"> <tr><td><i>j</i></td><td><i>k</i></td><td><i>l</i></td></tr> <tr><td>1</td><td>~</td><td>0</td></tr> <tr><td>~</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	1	~	0	~	1	1
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>																																					
1	~	0																																					
~	1	1																																					
<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>																																					
1	~	0																																					
~	1	1																																					
<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>																																					
1	~	0																																					
~	1	1																																					
<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>																																					
1	~	0																																					
~	1	1																																					

Теперь свяжем эти функции 4-входным дизъюнктором (рис. 3).

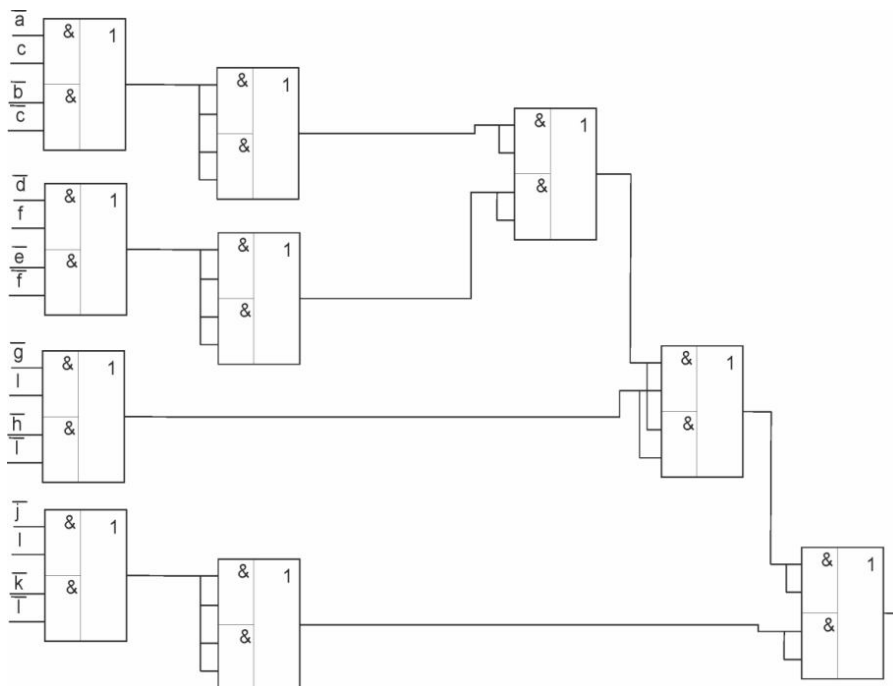


Рис. 3. Схема функции, заданной табл. 4

При этом становится ясно, что решение с конъюнкторами из [1] для несвязных функций целесообразно применять только для несвязных функций с одной импликантой в подфункциях, которые невозможно реализовать одним ФПТ-элементом. К примеру, для функций, заданных табл. 6 и 7.

Таблица 6

Несвязная функция

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	1	1	~	~	~
~	~	~	1	1	1

Таблица 7

Несвязная функция

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>I</i>
1	0	1	~	~	~	~	~	~
~	~	~	1	1	1	~	~	~
~	~	~	~	~	~	0	0	1

При этом алгоритм построения конъюнктора будет иметь следующий вид [1]:

1. Построить многокаскадную схему конъюнктора с числом входов, равным числу конъюнкций.
2. Элементы нечетных каскадов должны реализовывать функцию 2-НЕ-И, а нечетных каскадов – 2-НЕ-ИЛИ.
3. На внешние входы нечетных каскадов следует подавать инверсные значения соответствующих переменных, а на входы четных каскадов – прямые.

Алгоритм построения конъюнктора инверсных значений импликант в заданном базисе следующий:

1. Построить многокаскадную схему конъюнктора с числом входов, равным числу конъюнкций.
2. Элементы нечетных каскадов должны реализовывать функцию 2-НЕ-ИЛИ, а нечетных каскадов – 2-НЕ-И.
3. На внешние входы нечетных каскадов следует подавать инверсные значения соответствующих переменных, а на входы четных каскадов – прямые.

Поэтому имеет смысл реализовать обобщенный метод синтеза схем в ФПТ-базисе для любой функции. При этом мы на каждом шаге разделения функции должны принимать решения для определения типа

функции и дальнейшего преобразования её. В целом алгоритм представляется следующим видом:

1. Проверка функции на конечность решения 1 ФПТ-элементом, если да, строим ФПТ-элемент и заканчиваем, если нет, переходим в пункт 2.

2. Проверка функции на реализуемость каскадным конъюнктом. Если в функции одна импликанта, то строим конъюнктор с количеством входов, равным числу значимых переменных в функции, и заканчиваем. Иначе, переходим в пункт 3.

3. Проверка на связность функции. Если да, то выполняем пункт 5, иначе – пункт 4.

4. Выделяем связные подфункции и строим дизъюнктор с количеством входов, равным количеству подфункций, и запускаем алгоритм с пункта 1 для каждой из полученных подфункций.

5. Проверка функций на общие переменные. Если да, то переходим в пункт 6, иначе – пункт 7.

6. Решаем функцию методом общей переменной, и полученную подфункцию переводим в пункт 1.

7. Решаем функцию методом разрешающей переменной, и полученные подфункции переводим на пункт 1.

Данный алгоритм дает нам возможность синтеза любой произвольной функции. Однако связанная функция может на определенном этапе содержать одновременно несколько развязывающих или общих переменных, и от выбора переменной, по которой мы преобразуем функции, будет зависеть конечный результат. Следовательно, одну и ту же функцию мы можем реализовать разными способами, и чем больше функция, тем больше ветвлений мы получим.

Поэтому нужно выделить из этого множества решений оптимальное. Первый подход можно назвать решением «в лоб». Мы просто на каждом шаге алгоритма делим функции всеми способами, которые нам доступны, при этом каждый будет порождать новую ветку решений. А потом из множества решений мы выбираем оптимальное. Очевидно, что данный подход хорош только для функций с небольшим числом вариаций решений, а для функций с большим числом вариантов это приведет к увеличению нагрузки на процессор при программной реализации данного алгоритма. Для увеличения производительности можно при получении первого решения начать отбрасывать ветки уже с заведомо более сложным решением. Это можно реализовать, считая сложность каждого решения.

Задача выбора оптимального решения на данный момент не решена и является приоритетной. В будущем планируется реализовать данный алгоритм программно, а на данный момент задача реализована в программном продукте «Синтез ФПТ», простым перебором всех решений, что ограничивает возможность её применения для больших функций.

### **Библиографический список**

1. Тюрин С.Ф. Функционально-полные толерантные булевы функции // Наука и технология в России. – № 4. – 1998. – С.7–10.
2. Тюрин С.Ф. Синтез адаптируемой к отказам цифровой аппаратуры с резервированием базисных функций // Приборостроение. – 1999. – № 1. – С. 36–39.
3. Тюрин С.Ф. Проблема сохранения функциональной полноты булевых функций при «отказах» аргументов // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 9. – С. 176–186.
4. Тюрин С.Ф., Громов О.А. Моделирование отказов функционально-полного толерантного элемента на основе КМОП-транзисторов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 5. – С. 247.

**Секция 2**  
**НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**И СИСТЕМЫ**



# **АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ НЕДОСТАТКОВ И ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ БАНКОВСКИХ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ УЧЕТ НОСИТЕЛЕЙ КЛЮЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Магистранты кафедры ПОИТ В.И. Алисеевич, М.И. Крысенко**  
Научный руководитель – канд. техн. наук *П.Ю. Бранцевич*  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники, г. Минск

В современных банковских криптографических системах, поддерживающих учет носителей ключевой информации, основными задачами являются обеспечение эффективного доступа к информации и надежности ее хранения, недопущение создания угроз безопасности системы, компрометации личных ключей, разглашения данных пользователя, а также обеспечение полной совместимости существующих криптографических решений различных организаций с целью их взаимодействия. Это обязывает к применению современных технологий при разработке программных систем, используемых в банковских организациях, к тщательной проработке законодательства, недопущению неоднозначности трактования нормативно-правовых актов, использованию актуальной справочной информации при создании программного продукта, тщательному анализу возможных источников угроз безопасности системы и их устранению.

С развитием информационных технологий в условиях широчайшего внедрения электронно-цифровой подписи в электронный документооборот банковских и других коммерческих организаций проблемы безопасности и связанные с ними вопросы совместимости криптографических систем, обеспечения безопасности передачи и хранения данных, автоматизированного хранения и учета данных о носителях ключевой информации приобретают первостепенное значение. Рассмотрим основные недостатки существующих систем, причины их возникновения и возможные варианты их устранения. Основную часть существующих проблем можно условно разделить на две категории:

- недоработки существующих программных решений;
- проблемы, напрямую связанные либо являющиеся следствием недоработок действующего законодательства.

Данные категории зачастую являются взаимосвязанными и вытекают одна из другой, однако в ряде случаев некоторые проблемы возмож-

но решить путем совершенствования используемого программного обеспечения. Рассмотрим ряд проблем, связанных с недоработками программных продуктов.

Работа в банковской сфере тесно связана с применением электронно-цифровой подписи в процессах делопроизводства, документооборота как внутри самой организации, так и в работе с внешними структурами и клиентами банка [1]. Создание регламентируемых систем, учета носителей ЭЦП обеспечивает контроль за перемещением носителей, повышая эффективность работы, и регулирует потоки материальных ценностей. От качества данных мер напрямую зависит экономическая безопасность банковских структур [2].

Проведенный анализ существующих средств и методов хранения и доступа к информации в системах, поддерживающих учет носителей ключевой информации, выявил необходимость разработки алгоритмов и способов увеличения эффективности доступа и хранения информации в подобных системах, повышения их надежности и производительности, поскольку они перестали отвечать все возрастающим требованиям к скорости, удобству, надежности хранения и доступа к данным [3].

Одним из решений этих проблем является создание программного средства для автоматизации деятельности администраторов информационной безопасности банка по учету перемещений носителей ключевой информации, выдачи карт-кодов для услуг интернет-банкинга [4]. Оценка эффективности данной разработки определяется в реальных условиях работниками службы информационной безопасности банка после введения системы в эксплуатацию.

Поскольку основными операциями, которые выполняет программное средство, являются поиск и анализ информации из базы данных, то целесообразно использование современных технологий доступа к данным, что улучшает производительность работы программы. Основная задача при разработке программного средства – проектирование гибкой и многофункциональной модели представления данных, а также удобного пользовательского интерфейса, позволяющего выполнять ежедневные задачи в максимально короткие сроки.

Созданное программное средство поможет автоматизировать ряд задач, поставленных перед администраторами информационной безопасности банка, и значительно сократить время на выполнение ежедневных рутинных операций.

В банке использовалось ПО «Справочник сертификатов», в котором администратором информационной безопасности самостоятельно

производился выпуск личных ключей ЭЦП для пользователей: как для работников, так и клиентов банка. Согласно международным стандартам с целью недопущения доступа к личной информации третьим лицам и компрометации ключей был предложен ряд предложений по доработке ПО. Основным результатом данных доработок заключается в том, что генерация ключей может быть возложена непосредственно на пользователя. В договорах и положениях должны быть прописаны соответствующие изменения, разработана тарифная политика, а личная информация не должна передаваться третьим лицам. Кроме того, в соответствии с Законом «Об электронном документе» и договором об обслуживании в системе «Клиент-банк» контроль за недопущением компрометации ключей был полностью возложен на пользователя. В качестве носителей ключевой информации выдавались обыкновенные незащищенные дискеты. Для повышения сохранности был предложен проект доработок в используемое ПО, который был принят, и в данный момент в результате этих изменений стали применяться защищенные носители ключевой информации, пользователи, использующие дискеты на текущий день активно переводятся на защищенные носители бесплатно.

С целью снижения нагрузок на ЛВС банка пересмотрен процесс запроса списков отозванных сертификатов. Ранее производился запрос полного списка объемом до 2,2 мегабайт, что вызывало необоснованную нагрузку на сеть ввиду того, что пользователь работает одновременно в среднем с порядка 50 сертификатами, а загружалось более 40 000. На данный момент ПО реализовано следующим образом: запрос на список отозванных сертификатов формируется лишь на те сертификаты, которые хранятся в локальном хранилище. Данное улучшение позволило снизить нагрузку на сеть в 16 раз.

Итак, мы рассмотрели некоторые проблемы, которые реально возможно устранить доработкой используемого программного обеспечения, однако существует и вторая категория проблем, корни которых уходят глубже, в недоработки действующего законодательства, и решить их без существенной проработки и совершенствования нормативно-правовых актов, стандартов не представляется возможным. Рассмотрим некоторые из подобных недостатков.

При формировании заявки на выпуск сертификата открытого ключа ЭЦП при отсутствии адреса в базе он может указываться пользователем вручную. В этом заложена потенциальная вероятность возникновения несоответствия между данными, хранящимися в сертификате, и данными о работнике, полученными из кадровой службы. Данное несоответ-

ствие может быть выявлено на этапе проверки подлинности данных при обработке заявки на выпуск сертификата и станет причиной для ее отклонения.

В настоящее время в банковском ПО реализован следующий механизм формирования заявок на выпуск сертификатов открытых ключей ЭЦП и шифрования. При введении данных об адресе организации программа автоматически подбирает подходящий вариант из списка либо, если данные о вводимой улице отсутствуют, они вводятся вручную, а в Регистрационном центре производится ручная проверка администратором информационной безопасности банка достоверности указанных сведений. Однако данное решение не позволяет избежать ошибок, связанных с человеческим фактором и, как следствие, исключить вероятность возникновения угрозы безопасности системы. Решением было бы использование стандартизированной базы из общегосударственного реестра адресов, достоверность, подлинность и актуальность которых подтверждалась бы специальным государственным органом.

Национальному кадастровому агентству (далее – НКА) в начале прошлого десятилетия было поручено сформировать национальный реестр адресов государственного земельного кадастра Республики Беларусь (РБ). Изначально планировалось, что любые программные продукты, использующие данные об адресах, а также всевозможные справочники, карты, адресные книги должны основываться на этих базах. Кроме того, базы адресов ПО должны регулярно обновляться из НКА, в котором в свою очередь в свободном доступе должны быть самые свежие данные реестра адресов РБ. Однако на практике происходит следующее. Базы адресов в свободном доступе на официальном сайте НКА отсутствуют, что объясняется на официальном уровне правом на интеллектуальную собственность на данные сведения, собранные за деньги налогоплательщиков. Кроме того, по причине нерегулярного обновления баз IT-компании вынуждены приобретать заведомо устаревшие сведения для своих программных продуктов и внедрять дополнительный функционал, подобный рассмотренному выше, чтобы каким-то образом исправить данный недостаток. Ситуация в значительной степени усугубляется также тем, что подлинность данных, использованных в ПО, не проверяется при его сертификации в НИИ ТЗИ и не всегда доводится до конечного пользователя в актуальном виде.

Напоследок хотелось бы освятить важнейшую из проблем, которые необходимо решать законодательно, – это проблема несовместимости криптопровайдеров.

В настоящее время в Республике Беларусь существует ряд организаций, сертифицированных Оперативно-аналитическим центром при Президенте РБ (далее – ОАЦ) для осуществления деятельности по разработке криптографических систем: «Авест», НТЦ «Контакт», «Энигма» и др.

Однако из-за отличий в представлении и реализации хэш-функций в криптографических алгоритмах отсутствует совместимость между данными решениями. В 2011 году основным регулирующим органом была предпринята попытка решить данную проблему. В процессе разработки ПО «Средство гарантированной доставки сообщений» для Управления делами (УД) Президента было решено провести совещание при участии ЗАО «Авест», ЗАО НТЦ «Контакт», ОАЦ, а также представителей крупнейшего банка страны. Представителями УД Президента был поставлен вопрос о причинах несовместимости ПО разработки различных криптопровайдеров. По итогам встречи компанию «Авест» вынудили предоставить исходные коды приложений компании НТЦ «Контакт», организации обменялись информацией, начало процессу было положено, однако на сегодняшний день результаты отсутствуют – все так и осталось на бумаге. Причины кроются в экономической нецелесообразности подобных шагов.

Кроме этого существует еще политический момент: учитывая, что изначально ОАЦ выдавал сертификаты на ПО разработки ЗАО НТЦ «Контакт» и ЗАО «Авест», их отзыв вызвал бы обоснованные претензии у компаний-разработчиков, а также падение доверия к самой процедуре сертификации и, главное, органу, проводящему данную процедуру. Допустить этого было нельзя, и ОАЦ пошли другим путем. Был разработан законопроект о создании нового стандарта алгоритмов электронной цифровой подписи на основе эллиптических кривых, по которому к разработчикам будут предъявляться требования об изначальной совместимости ПО и его соответствии на стадии проектирования и разработки, а не после сертификации, что позволит избежать непредвиденных затрат [5]. Данная мера, безусловно, положительно отразилась бы на совместимости криптографических систем РБ в дальнейшем, однако данный стандарт на данный момент находится на стадии предстандарта, присутствует двоякость трактования проекта данного документа, а следовательно, ожидать однозначного понимания данного документа не представляется возможным, и после реализации проблема не исчезнет.

Решением данной системной проблемы может быть тщательная переработка устаревших стандартов, а также неукоснительное следование им при сертификации программного обеспечения в ОАЦ.

### **Библиографический список**

1. Закон Республики Беларусь «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» от 28 декабря 2009 г. № 113-З.
2. Положение об администраторе информационной безопасности учреждения ОАО «АСБ Беларусбанк» от 24.11.2010 г.
3. Положение о требованиях безопасности по работе с электронными ключами в АСБ «Беларусбанк» от 11.08.2006 г.
4. Положение о системе «Клиент-банк», используемой в ОАО «АСБ Беларусбанк» от 23.02.2011 г.
5. СТБ П 34.101.45-2011. Информационные технологии и безопасность. Алгоритмы электронной цифровой подписи на основе эллиптических кривых.

## МЕРЫ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ БАЗ ДАННЫХ

**Магистранты кафедры ПОИТ В.И. Алисеевич, М.И. Крысенко**

Научный руководитель – канд. техн. наук *Л.А. Глухова*

Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Программное обеспечение и хранилища данных все чаще используются для выполнения широкого спектра различных функций. Высокое качество программных продуктов и хранилищ данных имеет большое значение и помогает избежать возможных негативных последствий.

В высоком качестве программных продуктов и хранилищ данных заинтересованы те, кто разрабатывает, приобретает, использует или является клиентом предприятия, использующего данное программное обеспечение или хранилище данных. Оценить качество можно за счет определения необходимого и желаемого уровня характеристик, связанных с выполняемыми функциями. Важно то, что характеристики качества определены, их можно измерить и оценить, используя проверенные и широко используемые меры и методы измерений.

Для оценки защищенности баз данных и хранилищ данных можно воспользоваться характеристикой качества «защищенность», описанной в стандарте ISO/IEC 25010<sup>\*</sup>: защищенность – степень, с которой база или хранилище данных защищает информацию так, что пользователи, приложения или системы имеют степень доступа, подходящую для их уровня авторизации. Это относится как к сохраняемым данным, так и к передаваемым по сети данным.

Одной из подхарактеристик защищенности в данном стандарте выделена конфиденциальность. Конфиденциальность – степень, в которой база данных гарантирует, что данные доступны только для тех, кто имеет доступ к ним<sup>\*</sup>. При этом описанные в стандартах меры в недостаточной степени позволяют оценить защищенность именно баз данных.

Таким образом, для оценки конфиденциальности как подхарактеристики в модели оценки защищенности баз данных предлагается использовать такие меры, как относительное количество администраторов сервера базы данных, относительное количество соединений, относительная продолжительность соединения, относительное количество представлений, зашифрованность и доступность. Рассмотрим их.

---

<sup>\*</sup> Проектирование систем и разработка программного обеспечения. Требования к качеству систем и программного обеспечения и их оценка (SQuaRE). Модели качества систем и программного обеспечения: ISO/IEC 25010:2011. – Введ. 2011-03-01. – 44 с.

1. Относительное количество администраторов сервера базы данных. Данная мера вычисляется как отношение количества пользователей базы данных, не имеющих права администратора базы данных к общему числу пользователей базы данных. Чем ближе данный показатель к 1, тем более высок показатель защищенности базы данных. Права администратора базы данных в данном контексте – это все права, связанные с изменением настроек или свойств сервера базы данных, а также структурной схемы базы данных. Например, пользователь, который может создать таблицу, является администратором базы данных в данном контексте.

$$K_{\text{ока}} = 1 - \frac{A}{B}, \quad (1)$$

где  $A$  – количество пользователей базы данных, имеющих права администратора базы данных;  $B$  – общее количество пользователей базы данных.

2. Относительное количество соединений. Данная мера вычисляется как отношение количества подключений к серверу баз данных пользователей, не имеющих прав администратора, к общему количеству подключений за отчетный промежуток времени. Чем ближе данный показатель к 1, тем более высок показатель защищенности базы данных.

$$K_{\text{окс}} = \frac{T_B}{T_A + T_B}, \quad (2)$$

где  $T_A$  – количество соединений пользователей базы данных, имеющих права администратора базы данных;  $T_B$  – количество подключений пользователей базы данных, не имеющих права администратора, за отчетный промежуток времени.

3. Относительная продолжительность соединения. Эта мера должна использоваться, исходя из специфики программного средства, использующего базу данных. Вычисляется как средняя продолжительность соединения с базой данных за отчетный промежуток времени.

$$K_{\text{опс}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество соединений за отчетный промежуток времени;  $t_i$  – продолжительность  $i$ -го соединения.

4. Относительное количество представлений. Данная мера имеет косвенное отношение к защищенности базы данных и требует анализа



предметной области базы данных для определения количества необходимых представлений. Вычисляется как отношение количества используемых представлений к количеству необходимых представлений. Чем ближе количество используемых представлений к количеству необходимых (данный показатель стремится к 1), тем менее вероятна необходимость обращения к таблицам. В идеальном случае пользователь не имеет доступа к таблицам совсем, а только к доверенным ему данным через представления.

5. Зашифрованность. Данная мера рассчитывается как отношение числа шифруемых столбцов к количеству столбцов, которые должны быть зашифрованы, с учетом необходимости шифрования каждого столбца. Данная мера позволяет определить, насколько правильно применяется метод шифрования данных. Чем ближе значение меры к 1, тем правильнее применяется шифрование к информации в базе данных.

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i l_i}{\sum_{i=1}^n k_i}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых столбцов (может быть равно общему количеству столбцов или количеству столбцов из рассматриваемого подмножества);  $k_i$  равно 1, если  $i$ -ю колонку нужно шифровать, в противном случае 0, хотя бы на одну колонку необходимо зашифровывать, иначе выборка колонок некорректна;  $l_i$  равно 1, если  $i$ -я колонка шифруется, в противном случае 0.

6. Доступность. Данная мера определяется как отношение числа столбцов данных, к которым пользователь имеет доступ, к числу столбцов, к которым пользователь должен иметь доступ. Данное значение должно стремиться к 1. Если значение данной меры больше 1, то нарушается конфиденциальность данных, так как пользователь имеет доступ к большему количеству информации, чем это определено политикой безопасности. Если значение данной меры меньше 1, тогда имеет место чрезмерное ограничение прав доступа для данного пользователя.

$$K_д = \frac{N_д}{N_0}, \quad (5)$$

где  $N_д$  – число столбцов данных, к которым пользователь имеет доступ;  $N_0$  – число столбцов данных, к которым пользователь должен иметь доступ.

Для уточнения данной меры можно воспользоваться формулой, учитывающей необходимость прав доступа для данного пользователя:

$$K'_d = \frac{\sum_{i=1}^n k_i l_i}{\sum_{i=1}^n k_i}, \quad (6)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых столбцов (может быть равно общему количеству столбцов или количеству столбцов из рассматриваемого подмножества);  $k_i$  равно 1, если на  $i$ -ю колонку должен быть доступ, в противном случае 0, хотя бы на одну колонку должен быть доступ, иначе выборка колонок некорректна;  $l_i$  равно 1, если на  $i$ -ю колонку есть доступ, в противном случае 0.

Данный уточняющий показатель должен стремиться к 1. Если он равен 1, то пользователь имеет все необходимые ему права, но данный показатель не учитывает тех прав, которые даны пользователю ошибочно.

Таким образом, предлагаемые меры используются для оценки защищенности баз данных. Они позволяют оценить конфиденциальность как подхарактеристику защищенности базы данных.

## ОБЗОР БИБЛИОТЕКИ СТАНДАРТНОЙ ПЕРИФЕРИИ STM32

Студент гр.107619 В.Ю. Левкович

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В последнее время среди производителей микропроцессоров на базе Cortex-M3 является обычной практикой выпуск библиотек для работы с периферией. Они предназначены для ограждения пользователей (а в особенности новичков) от работы непосредственно с регистрами микроконтроллера. Библиотека, выпускаемая фирмой *STMicroelectronics* называется *Standard Peripheral Library* и доступна на сайте фирмы для скачивания. *STM32 Standard Peripheral Library* содержит три уровня абстракции [1]:

1) объявление всех битов, битовых полей и регистров на языке C. Это позволяет избежать громоздких операций и, что важнее, исключает ошибки на ранних этапах разработки проекта;

2) коллекция подпрограмм и структур данных, покрывающих все функции периферии (драйвера с программным интерфейсом);

3) набор примеров, покрывающих всю доступную периферию с шаблонными проектами для наиболее распространённых инструментов разработчика. Вместе с подходящей отладочной платой это позволяет начать работу с новым микроконтроллером за несколько часов.

Каждый драйвер состоит из набора функций, покрывающих все функции периферии. Разработка каждого драйвера управляется общим API (интерфейс программирования приложений, который стандартизирует структуру драйвера, функции и имена параметров).

Исходный код драйвера написан на языке «Strict ANSI-C» (упрощённая версия ANSI-C для примеров проектов и файлов). Он полностью документирован и совместим с MISRA-C 2004 (стандарт разработки программного обеспечения на языке Си, разработанный MISRA (Motor Industry Software Reliability Association)). Написание всей библиотеки на «Strict ANSI-C» делает её независимой от средств разработки.

Благодаря *Standard Peripheral Library*, низкоуровневые детали реализации становятся прозрачными, так что для использования программы на другом микроконтроллере нужно только перекомпилировать компилятор. В результате разработчик может легко переносить код на другие устройства серии STM32 без его редизайна. Библиотека построена по модульному принципу, что увеличивает независимость меж-

ду компонентами главного приложения и позволяет легко переносить код на широкий круг устройств (рисунок) [2].

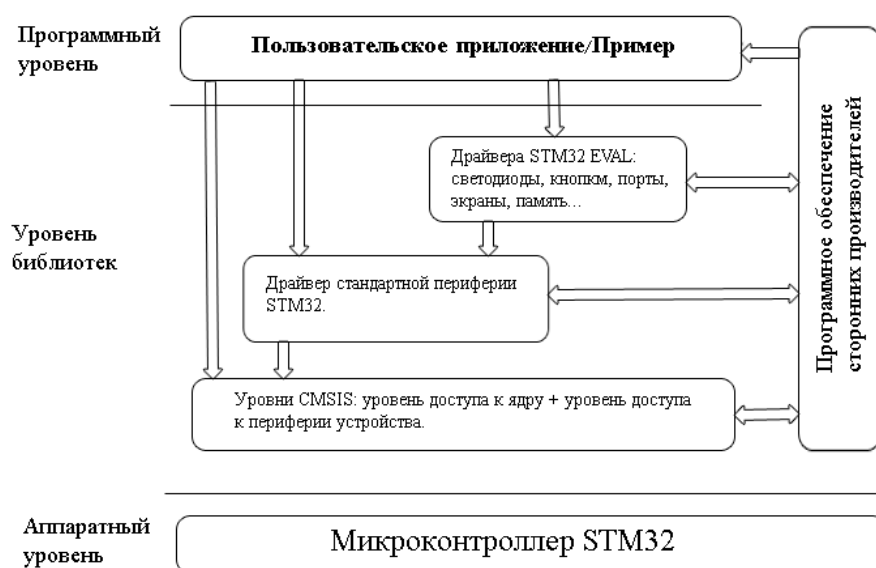


Рис. Общая схема использования библиотеки и её взаимодействие с другими компонентами прошивки

Программный уровень состоит из набора примеров использования всей доступной периферии с шаблонными проектами для наиболее распространённых сред программирования.

Уровень библиотек состоит из двух подуровней [1]:

- 1) HAL (*Hardware Abstraction Layer*) – уровень аппаратной абстракции – позволяет контролировать регистры и функции STM32;
- 2) BSP (*Board Specific Package*) – создаёт уровень абстракции для взаимодействия с интерфейсными устройствами (кнопками, светодиодами и COM-портами), доступными на отладочных платах производства *STMicroelectronics*.

Как можно видеть, эта библиотека является продвинутым и продуманным инструментом, позволяющим упростить разработку задачи любой сложности. Библиотека отлично задокументирована и содержит большое количество комментариев к коду. Несмотря на некоторые ограничения на объём кода библиотеки, вызванные проблемами совместимости, библиотека рекомендуется к использованию для решения прикладных задач.

### Библиографический список

1. Description of STM32F2xx Standard Peripheral Library [Электронный ресурс]: справочник – электрон. данные (6.54 Мб). – США, 2011.
2. Two Words Concerning STM32 Library [Electronic resource]. – USA 2011. – URL: <http://www.emcu.it/STM32/STM32Library/TwoWordsConcerningSTM32Library.html> (data of access : 14.11.2012).

# МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

**Аспирант Ф.И. Третьяков**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Л.В. Серебряная*  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Современные задачи, решаемые с помощью IT-индустрии, связаны с большими объемами информации. При этом необходимо, чтобы поиск и обработка информации осуществлялись быстро и выдавалась в доступной для понимания форме. Классификация и кластеризация – это формализованные задачи разделения объектов на множества [1]. Их основу составляет процесс обучения, в задачу которого входит постепенное уточнение результата разделения объектов на группы. По количеству первоначальной информации алгоритмы распознавания делят на обучающиеся с учителем (контролируемое обучение) и самообучающиеся (неконтролируемое обучение).

Для контролируемого обучения совокупность классов известна заранее. Роль разработчика заключается в определении наилучших критериев классификации, учитывающих различия между признаками, характерными для отдельных классов. Главной задачей в этом случае становится поиск оптимальных методов разделения. В случае самообучения классы будем называть кластерами, обучающая выборка отсутствует, поэтому кластеры требуется определить в ходе процедуры самообучения.

Работа посвящена методу классификации и кластеризации текстовых данных на основе параллельных вычислений.

Цель работы: оптимизация алгоритмов, решающих задачи классификации и кластеризации тестовых данных путем их параллельной обработки.

Объектом исследования являются задачи классификации и кластеризации.

Предметом исследования являются параллельные вычисления в алгоритмах, решающих задачи классификации и кластеризации.

В настоящее время широкое распространение получили многоядерные центральные процессоры, однако актуальна проблема оптимизации вычислений для таких аппаратных конфигураций, так как большинство программ до сих пор выполняется синхронно в рамках одного процесса [2]. В связи с этим хотелось бы максимально использовать ресурсы компьютера, минимизировав время простоя всех ядер процессора.

Теоретически при использовании многоядерного процессора производительность вычислений может увеличиться в  $n$  раз, где  $n$  – количество ядер процессора. На практике же, по закону Амдала, в случае, когда задача разделена на несколько частей, суммарное время ее выполнения на параллельной системе не может быть меньше времени выполнения самого длинного фрагмента. Ускорение выполнения программы за счет распараллеливания ее инструкций на множестве вычислителей ограничено временем, необходимым для выполнения ее последовательных инструкций [3]. Закон Амдала представлен следующей формулой:

$$S_p = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{p}},$$

где  $S_p$  – ускорение, которое может быть получено на вычислительной системе из  $p$  процессоров, по сравнению с однопроцессорным решением;  $\alpha$  – часть от общего объема вычислений, которая может быть получена только последовательными расчетами;  $1 - \alpha$  – часть, которая может быть распараллелена идеально (то есть время вычисления будет обратно пропорционально числу задействованных узлов  $p$ ).

Рассмотрим общий алгоритм организации параллельных вычислений. Пусть существует коллекция данных  $a$  размерности  $m$ . Необходимо для каждого элемента  $a_i$  вычислить новый элемент, используя функцию  $f(a_i)$ , и сформировать последовательность  $b$  размерностью  $m$ .

1. Основной поток программы получает на вход массив элементов  $a$  и функцию  $f$ .
2. Основной поток программы запрашивает у операционной системы информацию о ресурсах: количестве установленных ядер/процессоров.
3. На основе каждого ядра/процессора создается поток.
4. Основной поток приостанавливает свою работу и передает управление пулу потоков.
5. Пул потоков выбирает поочередно все потоки и выдает каждому на обработку очередной элемент массива.
6. Пул ждет, пока какой-либо из потоков не освободится, чтобы загрузить его данными для обработки. Это продолжается, пока не закончатся элементы массива.
7. Основной поток программы объединяет результаты и готов выполнять следующие операции.

Для реализации метода параллельных вычислений в работе были выбраны два алгоритма группирования данных: *k-средних* – методом классификации, *максимин* – методом кластеризации.

Популярность *k-средних* связана с его малой вычислительной сложностью и быстрой сходимостью к качественному решению. Вычислительная сложность метода *k-средних* равна  $O(nkt)$ , где  $n$  – размер набора данных (количество классифицируемых объектов),  $k$  – число классов, а  $t$  – число итераций, которые требуются алгоритму для приведения классов к стабильному состоянию.

Традиционный алгоритм *k-средних* обрабатывает  $n$  векторов, задающих исходные данные, пытаясь разделить их на  $k$  классов. Итеративно вычисляется центр масс (ядро) для каждого класса, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на классы вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе к каждому из них. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения центров классов. При обработке больших массивов данных алгоритм тратит большую часть времени выполнения на вычисление расстояний между всеми векторами данных и центрами классов. Очевидно, что нахождение расстояния от одного вектора до центра не связано с другими векторами. Поэтому распараллеливание вычислений является одним из очевидных усовершенствований.

В алгоритме *максимин* автоматическое устройство самостоятельно устанавливает кластеры, на которые делится исходное множество объектов. Для разделения данных необходимо определить критерии в условиях, когда не известны ни классы, ни их признаки, ни их количество. Поэтому процесс организуется так, чтобы среди всех возможных вариантов группировок найти такой, когда группы обладают наибольшей компактностью и при этом максимально сепарабельны между собой. Необходимым минимумом информации для реализации таких алгоритмов являются данные для назначения словаря признаков объектов.

В алгоритме *максимин* исходные данные заданы  $n$  векторами, которые требуется разделить на кластеры, выполняя поиск представительных элементов каждого кластера, количество которых заранее не известно. На первом шаге случайным образом назначается центр первого кластера, затем максимально удаленный от него объект становится центром второго кластера. Оставшиеся объекты делятся на два кластера по критерию минимального расстояния до центра кластера.

На следующем шаге в каждом кластере определяется максимально удаленный от центра объект и из найденных объектов выбирается максимум среди максимумов. Если это расстояние оказалось больше половины среднего расстояния между центрами всех построенных кластеров, то соответствующий ему объект становится центром очередного

кластера. Изложенный процесс повторяется, пока не перестанет выполняться указанное условие [4].

Процесс распараллеливания алгоритма *k-средних* будет выглядеть следующим образом:

1. Все объекты классифицируются: планировщик, работая с объектами и потоками, поочередно выдает каждому свободному потоку новый объект, за счет чего удается увеличить производительность.

2. Когда определены все классы, каждый с набором своих объектов, планировщик может работать не с объектами и потоками, а с классами и потоками. Это позволяет выиграть в производительности, так как асинхронность операций проявляется на уровне целого класса, а не отдельного объекта [4].

Для алгоритма *максимина* применяется тот же принцип распараллеливания, что и для *k-средних*, однако здесь удастся добиться асинхронности только на уровне объектов. Поэтому производительность для *k-средних* будет априори выше, поскольку в нем больше асинхронных операций.

Исследования алгоритмов *k-средних* и *максимина* на предмет возможности их выполнения в параллельном режиме позволили сформулировать следующие заключения:

1. Оба алгоритма поддаются распараллеливанию, поскольку в каждом из них существует минимум две операции с некоррелирующими результатами.

2. Распараллеливание вычислений демонстрирует уменьшение времени выполнения алгоритмов уже при двух процессорах.

3. Увеличение производительности алгоритмов линейно зависит от увеличения числа вычислителей.

4. С увеличением количества объектов классификации увеличивается производительность параллельных вычислений. Причем для алгоритма *k-средних* эта зависимость нелинейная, а для алгоритма *максимина* она линейная.

5. С увеличением количества классов в алгоритме *k-средних* линейно увеличивается производительность параллельных вычислений.

Таким образом, полученные результаты подтвердили целесообразность распараллеливания вычислений в алгоритмах *k-средних* и *максимина*, что увеличивает эффективность классификации и кластеризации данных.



### Библиографический список

1. Серебряная Л.В., Чебаков С.В. Метод автоматической классификации текстовой информации по образцу // Информационные системы и технологии: материалы VI Международ. конф.; Минск, 24–25 ноября 2010 г. – Минск, 2010. – С. 244–247.
2. Таненбаум Э., Ван Стеен М. Распределенные системы: принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
3. Антонов А. Под законом Амдала // Компьютерные вести. – Минск, 2002. – № 5. – С. 17–19.
4. Theodoridis S., Koutroumbas K. Pattern Recognition. – 4th edition. – Athens: Academic Press, 2009. – 874 p.

# **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ РАБОТЫ СЕРДЦА В УСЛОВИЯХ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**

**Студент гр. 09ПК1 А.А. Черепков**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.В. Кузьмин*  
Пензенский государственный университет

Современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью воздействия внешних факторов на человека. Это проявляется в усложнении работы, развитии инфраструктур, постоянной смене деятельности и обстановки и неизбежно ведёт к различным формам отклонений, связанных с режимом дня, питанием, нагрузкой на нервную систему и, следовательно, со здоровьем.

Факторы окружающей среды, влияющие на психическое здоровье, обычно приводят к краткосрочным эффектам, таким как изменение настроения и эмоционального состояния, например, появление удовольствия, энтузиазма или подавленного настроения. Эти изменения часто сопровождаются переменами в поведении и выражаются в беспокойстве, постоянном приспособлении к стрессовым нагрузкам, уходе от проблем или в активном поведении, направленном на их разрешение. Упомянутые эффекты в поведении обычно сопровождаются физиологическими изменениями, которые служат индикатором возбужденной, а иногда и нарушенной нервной системы. По данным Центра социальной и судебной психиатрии им. Сербского, к 2020 году психические расстройства войдут в мировую тройку болезней-лидеров по количеству людских трудопотерь. Случаи психоэмоционального перенапряжения превысят даже сердечно-сосудистые заболевания, традиционно занимающие первые места в структуре заболеваемости населения. Каждый год в России обращаются за психологической помощью 8 млн человек, 300 тысяч человек – это тяжелобольные, находящиеся в стационарах. И с каждым годом ситуация только ухудшается.

Но постоянное воздействие психоэмоционального напряжения в особо опасных случаях приводит к возникновению хронических нарушений, которые негативно влияют на другие органы, например сердце, поскольку существует между ними прямая взаимосвязь.

В связи с этим особую актуальность имеют методы оценки и коррекции психического здоровья, которые определяются следующими основными факторами: ростом числа психических заболеваний, увеличением числа врожденных неврологических заболеваний, увеличением темпа жизни, увеличением эмоциональных и интеллектуальных нагрузок по

сравнению с физическими, появлением профессий с повышенными требованиями к скорости и точности реакций, усилением воздействия неблагоприятных факторов среды обитания, высокой степенью нарушений работы центральной нервной системы (ЦНС) в совокупности с другими группами заболеваний (сердечно-сосудистые [1], желудочно-кишечные и др.), необходимостью контроля за развитием процесса. Стандартные способы контроля и коррекции стрессовых состояний основаны на субъективных и косвенных методиках. В то же время разработан ряд различных аппаратных средств, способных корректировать опасные отклонения в психоэмоциональном состоянии, применение которых не контролируется по каким-либо объективным параметрам и процедуры отпускаются в соответствии с рекомендованными нормами, не отражающими специфику состояния конкретного человека. Из-за этого существующие комплексы не способны обеспечить достаточного эффекта.

В связи с этим анализ и разработка аппаратно-программных средств управления процессом коррекции психоэмоционального состояния человека, основанных на объективном контроле психоэмоционального состояния (по данным анализа электрокардиографических и электроэнцефалографических сигналов) и коррекции с использованием имеющихся аппаратных средств, являются решением поставленной задачи.

На сегодняшний день в мире существуют способы анализа психофизического состояния человека, которые реализованы в виде систем постановки диагноза по строго определенным показателям. А также существуют аппараты профилактического воздействия узкой направленности по своему применению, доступ к которым можно получить лишь в медицинских учреждениях.

Для того чтобы обеспечить взаимосвязь аппаратов диагностики и воздействия, нужна система обработки и контроля. При этом будут использоваться следующие виды анализа: частотно-временной, спектральный, нейросетевой и пик-анализ [2]. По видам воздействия, в отличие от существующих систем, будет применяться комплексный подход лечебно-профилактического воздействия. Применение данных возможностей в комплексе обеспечит качественно новый потенциал разрабатываемой системы в сравнении с известными. Она станет удобной в использовании и сможет иметь широкое распространение, тем самым обеспечив выход на коммерческий рынок.

Данная работа является первым шагом к созданию системы экспресс-диагностики эмоциональных реакций. Результаты исследования могут найти практическое применение при диагностике стрессовой напряженности и психокоррекции эмоциональных расстройств.

На сегодняшний день известны методы фрактального анализа многоканальных биомедицинских сигналов [3]. Выявлена зависимость результатов анализа электрокардиографических сигналов от состояния здоровья сердца человека на основе их фрактальных характеристик. В ходе работы спроектирована программа определения показателя Херста для многоканальных биомедицинских данных.

В настоящее время поставлены задачи: контроль работы сердца и нервной системы в условиях психоэмоционального напряжения с помощью сертифицированных тестов; определение гормонального химического состава крови по показателям активности головного мозга (рисунок).

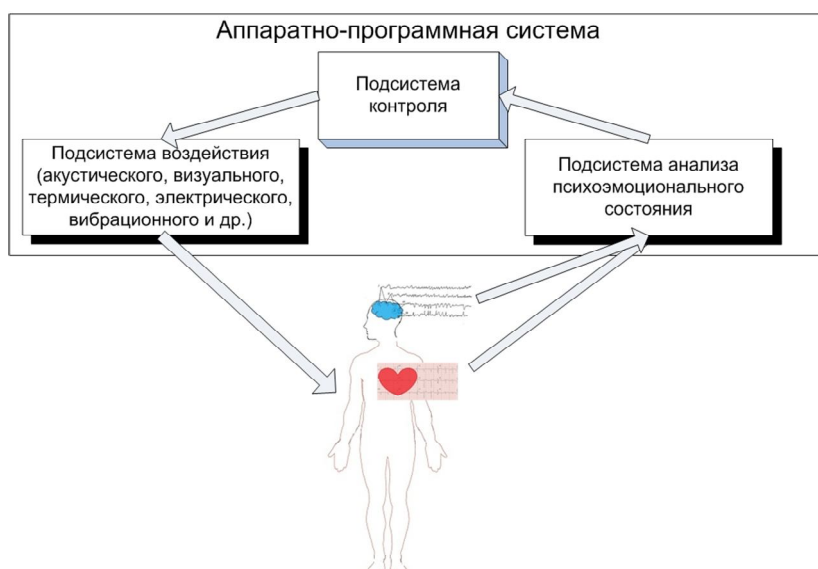


Рис. Алгоритм работы компьютерной системы контроля работы сердца

Подобные исследования уже проводятся на базе лаборатории Масачусетского университета, где получены качественные результаты и выявлены прямые зависимости работы головного мозга от стрессовых ситуаций.

### Библиографический список

1. Бодин О.Н., Кузьмин А.В. Разработка фрактального алгоритма для построения трехмерной модели сердца // САПР и графика. – 2005. – № 3.
2. Тычков А.Ю. Системы и алгоритмы помехозащищенной обработки кардиографической информации на основе преобразования Гильберта-Хуанга: дис. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2012.
3. Черепков А.А., Кузьмин А.В. Фрактальный анализ многоканальных биомедицинских сигналов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2012. – № 3. – 152 с.

## ИМИТОЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Студенты гр. КБ-081 А.А. Гавришев, В.А. Бурмистров**  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Д.Л. Осипов*  
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам организации охраны банков, предприятий и других учреждений, независимо от формы собственности. Задачу обеспечения сохранности государственного и частного имущества в условиях усиления угрозы несанкционированного проникновения на охраняемую территорию все сложнее решать за счет эксплуатируемых сегодня технических средств охраны (ТСО).

Распространенными способами проникновения на охраняемую территорию являются: подмена датчика охраны (камеры видеонаблюдения, датчика объёма, датчика движения и т.п.) подставным элементом, выдающим заведомо ложную информацию о состоянии охраняемого объекта на центральный пульт охраны, внедрение в линию связи и ее прослушивание. Подменённый датчик в состоянии имитировать нормальную работу и не вызывать подозрений у операторов ТСО, таким образом создаётся брешь в системе охраны объекта. Процедура несанкционированной замены датчика вполне может быть осуществлена во время монтажа нового оборудования, в период проведения технического обслуживания или в любой другой удобный момент времени при ослаблении контроля над деятельностью должностных лиц.

Таким образом, не вызывает сомнения актуальность проведения исследований в области совершенствования ТСО и разработки принципиально новых способов защиты, в частности, нацеленных на обеспечение имитозащиты датчиков охранных сигнализаций.

Имитозащита – это защита системы от навязывания ложных данных. В настоящее время в качестве имитозащиты объектов ТСО используются системы шифрования передаваемых данных либо системы, которые реагируют на размыкание линии передачи данных. В настоящей статье предлагается новый способ имитозащиты объектов ТСО, основанный на использовании псевдослучайных последовательностей (ПСП). Более подробно ПСП рассмотрены в [1, с. 90–94].

В основе способа лежит принцип «свой-чужой», который реализуется с применением ПСП.

На рисунке предложена упрощённая схема устройства, реализующего подобный алгоритм. Блок контроля включает два генератора псевдослучайной последовательности (ПСП): генератор ПСП-1 и генератор ПСП-2, а также устройство сравнения. Для запуска блока контроля на

вход генератора ПСП-1 подаётся стартовая команда. После этого генератор ПСП-1 вырабатывает первое псевдослучайное число. Полученное значение отправляется на генератор ПСП-2 блока контроля и одновременно с этим по линии связи передаётся на контролируемый датчик. В состав датчика также входит генератор псевдослучайной последовательности, функция генерации последовательности которого идентична функции генератора ПСП-2 блока контроля. Таким образом, отклики обоих генераторов ПСП-2 на одно и то же значение, выработанное генератором ПСП-1, должны быть одинаковы. Это проверяется в устройстве сравнения. В случае совпадения значения, пришедшего от контролируемого датчика, и значения генератора ПСП-2 блока контроля устройство сравнения выдаёт сигнал «Норма», который в свою очередь служит командой для генератора ПСП-1 на генерацию очередного псевдослучайного числа. Таким образом, цикл опроса «свой-чужой» повторяется. При несовпадении значений (что является признаком сбоя в работе датчика) устройство сравнения выдаёт команду «Тревога», и на генератор ПСП-1 приходит управляющая команда «старт». Таким образом, работа устройства продолжается.

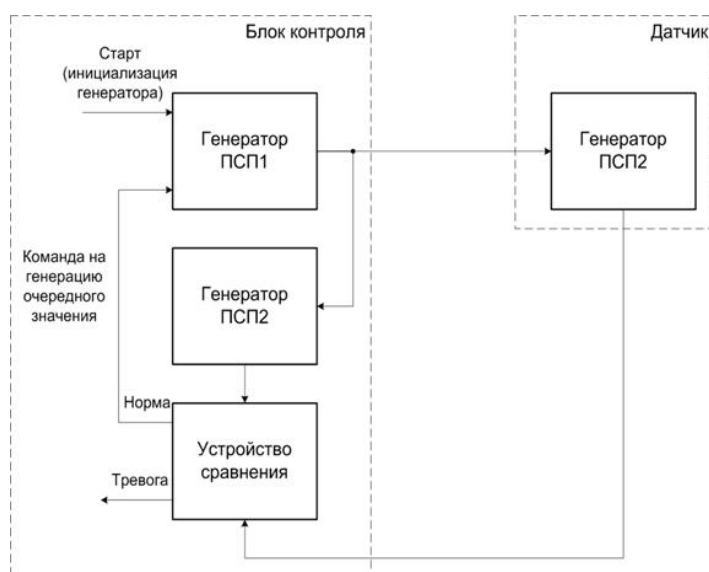


Рис. Функциональная схема устройства

Устройство имитозащиты контролируемых объектов не требует частого повторения цикла опроса, вполне достаточно обмениваться контрольными комбинациями 5–6 раз за десять секунд. За это время противник физически не успеет подменить датчик. В простейшем случае для обеспечения равномерного распределения случайных чисел допустимо использовать как аппаратные, так и программные способы генерации ПСП, например, основанные на элементарных алгоритмах построения линейных или аддитивных конгруэнтных последовательностей.

Значительная длина псевдослучайной последовательности исключает возможность подбора противником подходящей функции ПСП-2 за счёт анализа данных, передаваемых по линии связи между датчиком и блоком контроля. Кроме того, для обеспечения дополнительной безопасности охраняемого объекта возможна периодическая смена функций генерации ПСП.

Таким образом, предлагаемое техническое устройство позволит повысить достоверность контроля и имитозащиту оконечных датчиков ТСО. Разработанное авторами статьи устройство защищено патентами РФ [2, 3, 4, 5, 6] и постоянно совершенствуется.

В настоящее время готовится к подаче заявка на патент «Устройство имитозащиты группы контролируемых объектов» с принципиальной новой схемой устройства сравнения ПСП, приходящих от блока контроля и контролируемого датчика [7, с. 207–209].

Данное устройство, по сравнению с прототипом и другими известными техническими решениями, имеет следующие преимущества:

- 1) повышает уровень имитозащиты охранной сигнализации с обеспечением одновременного контроля за группой охраняемых объектов;
- 2) дает возможность ускорения процесса опроса подключенных датчиков и выявления факта подмены датчика или его компрометации;
- 3) дает возможность подключения большого количества датчиков по топологии «звезда», работающих независимо друг от друга;
- 4) упрощает техническую реализацию.

### **Библиографический список**

1. Осипов Д.Л., Бурмистров В.А., Гавришев А.А. Применение псевдослучайных последовательностей для имитозащиты объектов информационных систем // Физико-математические науки и информационные технологии: теория и практика: матер. междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2012. – 154 с.
2. Пат. РФ № 2310236 кл. G08B 25/04, 2006.01.
3. Пат. РФ № 2387017 кл. G08B 25/04, 2006.01.
4. Пат. РФ № 2417452 кл. G08B 25/00, 2006.01.
5. Пат. РФ № 2447512 кл. G08B 25/00, 2006.01.
6. Пат. РФ № 2455696 кл. G08B 25/00, 2006.01.
7. Порублев М.А., Гавришев А.А., Бурмистров В.А. Устройство имитозащиты группы контролируемых объектов // Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем: сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь: Бюро Новостей: Изд-во СтГАУ, 2012. – 317 с.

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА РИСКОВ ИТ-ПРОЕКТОВ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ

**Магистрантка гр. 17ВМ20 Т.В. Удалая**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Т.Ю. Чернышева*  
Юргинский технологический институт (филиал)  
Томского политехнического университета

Риск – вероятное событие, которое может возникнуть в процессе выполнения работ над проектом и которое негативно влияет на один или несколько ключевых факторов успешного проекта. Актуальной является проблема недостаточной проработки комплексной методологической базы и инструментальной среды поддержки принятия решений, обеспечивающих процессы управления рисками проектов информатизации (ИТ-проектов) инновационной организации в условиях неопределенности среды принятия решений.

Необходимо использовать на каждом этапе управления рисками качественные и количественные оценки, интегрирующие разные уровни влияния риска на принятие решения об осуществлении ИТ-проекта на предпроектном этапе. Следовательно, целесообразно разработать многоуровневую информационную систему, поэтапно связывающую весь цикл управления рисками ИТ-проекта.

Цель работы – разработка комплекса взаимосвязанных моделей принятия решений и программ информационной системы управления риском ИТ-проекта.

**1. Процесс управления рисками ИТ-проекта.** В процессе управления проектными рисками осуществляются следующие этапы [1]:

1. Идентификация рисков: составляется как можно более полный список рисков, которые могут возникнуть в проекте. В процессе идентификации конкретизируется большинство параметров всех выделенных рисков в перечне их свойств.

2. Категоризация рисков, в процессе которой каждому риску приписывается одна из категорий, влияющая на метод мониторинга, предотвращения и реагирования на риск. Предлагается иерархический подход к данному анализу.

3. Планирование мониторинга предотвращения и реагирования на риски. Предлагается использование комбинаторных методов для оценки бюджета рисков, динамическое программирование для сроков и рамок выполнения проекта.



4. Мониторинг предотвращения и реагирования на риски, который является итеративным и выполняется в соответствии с плановым регламентом.

5. Контроль и анализ эффективности управления рисками, по результатам оценки эффективности действий по минимизации рисков осуществляются обратная связь на планирование и принятие текущих решений по управлению рисками.

6. Обновление базы известных рисков – внесение в базу новой информации и новых знаний, полученных в процессе работы над проектом.

Первый и второй этапы выполняются на предпроектной стадии, когда необходимо принять решение о проектировании и/или внедрении ИТ-проекта как такового.

K. Luutinen, L. Mathiassen, J. Ropponen рассматривают риски, связанные с контролем проектных затрат, сквозь призму социально-технологической модели организационных изменений. Другие ученые уделяют больше внимания рискам, существующим вне фазы разработки продукта (Clemons E.K., Weber B.). R.G. McGrath, I.C. MacMillian наиболее плотно подошли к вопросу предварительной квантификации рисков ИТ-проектов, следуя опционной логике [2]. Российские ученые (Д.А. Новиков, В.Н. Бурков, В.Д. Шапиро, С.М. Авдошин, В.П. Мешалкин и др.) уделяют внимание идентификации рисков, характеру деятельности и видам объектов, на которые направлены риски информатизации, выделяют среди них следующие: информационные, экологические и профессиональные. Исследование, проведенное учеными из Оксфордского университета и аналитической компании *McKinsey*, показало, что каждый шестой проект в сфере ИТ выходит из-под контроля, превышая плановую стоимость в среднем на 200 %. ИТ-проекты в три раза чаще демонстрируют безудержный рост затрат, что создает крайне серьезный риск для заказчиков, вплоть до полного их банкротства. Таким образом, большинство методик оценки рисков в ИТ-индустрии являются неадекватными.

**2. Реализация подходов к управлению рисками в программных продуктах.** На основе этих подходов к оценке информационных рисков разработан ряд программных продуктов анализа и контроля информационных рисков. Наибольшую известность получили *CRAMM* (ССТА Risk Analysis and Management Method, Великобритания), *RiskWatch* (соответствует названию фирмы-разработчика, США), *COBRA* (Consultative Objective and Bi-Functional Risk Analysis, Великобритания), ГРИФ (Россия), «АванГард» (Россия), КОНДОР (Россия). Метод *CRAMM* предложен Агентством по компьютерам и телекоммуникациям Великобритании *ССТА* (Central Computer and Telecommunications Agency)

и впоследствии рекомендован в качестве государственного стандарта. Он основан на комплексном подходе к оценке рисков и предполагает как количественные, так и качественные методы анализа.

Процедура анализа рисков при использовании метода *CRAMM* предполагает последовательное выполнение нескольких этапов [3]. На первом этапе производятся анализ и оценка ценности защищаемых информационных ресурсов. На втором – идентифицируются и оцениваются угрозы в сфере информационной безопасности. На третьем – предлагаются различные варианты минимизации рисков информатизации.

Алгоритм, реализуемый в программном продукте управления рисками информатизации *RiskWatch*, включает 3 этапа. Первый предполагает определение предмета исследования в соответствии с такими параметрами, как тип организации, состав исследуемой системы, базовые требования в области информационной безопасности. На втором этапе осуществляется ввод данных, описывающих конкретные характеристики системы. На третьем проводятся количественная оценка риска и выбор средств обеспечения информационной безопасности. Следует отметить, что в качестве показателей при оценке риска используются прогнозируемые годовые потери при его реализации и оценка возврата от инвестиций, что является несомненным преимуществом данного подхода.

Российский программный продукт «ГРИФ 2006» представляет собой комплексную систему анализа и управления рисками информатизации на предприятиях и позволяет анализировать риски для информационной системы с помощью модели информационных потоков или модели угроз и уязвимостей. Модель информационных потоков системы строится с учетом цены и полезности информации, характеристик пользователей, имеющих доступ к данным ресурсам, а также параметров средств информационной защиты и сетевых взаимосвязей. Использование модели анализа угроз и уязвимости предполагает определение уязвимости каждого ресурса с ценной информацией и возможных угроз. Выбор конкретной модели осуществляется в зависимости от того, какими исходными данными располагает пользователь, и от желаемого результата. На завершающем этапе генерируется отчет об уровне риска для каждого анализируемого ресурса и рассчитывается экономическая эффективность возможных контрмер. В общем случае данный подход позволяет выбирать эффективные контрмеры с точки зрения соотношения цена/качество.

**3. Интегральная оценка совокупности рисков ИТ-проекта.** Учет информационных рисков любой организации определяет целесообразность выделения общих, экологических и профессиональных рисков информатизации, источники которых могут находиться во внешней или внутренней среде предприятий. В общем случае информационные риски влияют на возникновение финансовых, предпринимательских и коммерческих рисков.

В основном в моделях оценки рассматриваются риски с высокой степенью вероятности, но в последнее время объем потенциального ущерба становится все более значимым.

Таким образом, необходимо принимать во внимание риски с низкой степенью вероятности, но с высоким уровнем потенциального ущерба и высоким уровнем неопределенности.

Предлагается многоуровневый циклический подход:

1) идентифицировать и кластеризовать риски на основе производственных правил;

2) проводить качественную оценку риска информационного проекта на предпроектной стадии на основе метода анализа иерархий, а также интегральную оценку совокупности рисков [4];

3) использовать комбинаторные методы для оценки бюджета рисков.

В рамках исследуемой задачи автором разработаны:

1) программный модуль экспресс-оценки бюджета проекта внедрения ИТ-проекта с учетом рисков методом дерева решений, где вероятности находятся методом анализа иерархий (попарных сравнений показателей);

2) модель выбора формы привлекаемых инвестиций на основе метода «выгоды-издержки» для предварительной оценки бюджета ИТ-проекта.

**Заключение.** В статье проанализированы методы и модели процесса проведения предпроектного этапа создания и внедрения проектов информатизации. Дан критический обзор и указаны пути реализации методов анализа и обработки информации для кластеризации возможных возникающих при этом рисков. Указаны направления развития научных исследований в области предпроектного обследования при создании и внедрении информационных проектов. Многоуровневая модель объединит все этапы управления рисками ИТ-проекта, либо возможно использование каждого уровня для оперативных задач организации по внедрению информационных систем и технологий. Предполагается разработка программного продукта на платформе 1С: Предприятие 8.2.

### Библиографический список

1. Методика управления рисками – обобщение моего опыта работы над проектами [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/post/137645/> (дата обращения: 25.09.2012).
2. Ключников В.О. Идентификация рисков ИТ проектов// Государственное управление. Электронный вестник, Выпуск № 20. Сентябрь 2009 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://e-journal.spa.msu.ru/images/File/2009/20/Klyuchnikov.pdf/> (дата обращения: 25.09.2012).
3. Куканова Н. Современные методы и средства анализа и управления рисками информационных систем компаний [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.dsec.ru/about/articles/ar\\_compare/](http://www.dsec.ru/about/articles/ar_compare/) (дата обращения: 25.09.2012).
4. Чернышева Т.Ю., Жуков А.Г. Программный модуль учета рисков проекта на основе дерева решений // Ползуновский вестник. – 2012. – №. 3/2. – С. 70–73.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВОЙ СЕТЬЮ

**Аспирант А.В. Соловьёв**

Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет

На сегодняшний день существует множество информационных систем, обеспечивающих работу розничной торговой сети. В основном все они работают как распределённая информационная база, в которой осуществляется обмен с головной базой при помощи различных типов обмена. При обмене могут возникать ошибки, и как в головную, так и в периферийную базу может быть загружена информация не соответствующего содержания. А также сложностью является поддержание работоспособности информационной системы на клиентских машинах, которые могут находиться в разных городах и областях.

Динамично развивающиеся в России облачные технологии позволяют во многом решить проблемы розничных торговых сетей, имеющих региональный и всероссийский уровень, а также обеспечивать работу торговой точки, имеющей клиентскую машину с выходом в Интернет, с установленными на ней браузером и небольшим клиентским приложением, не требующим большого количества ресурсов для возможности использования торгового оборудования. Благодаря этому клиенты могут работать с неподготовленного компьютера или мобильного устройства.

Облачные технологии обеспечивают обработку информации на сервере предприятия, который обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость, динамическое перераспределение нагрузки и взаимодействие с СУБД, хранящими данные прикладных решений. При необходимости сервер может быть усилен инфраструктурой, которая позволяет предоставлять клиентам услуги пользования программным обеспечением как сервисом, вести учет потребления этих услуг, осуществлять общее администрирование сервиса и др.

В розничной торговле важную роль играют скорость обслуживания клиентов, процесс отслеживания движения товаров по точкам продажи, оперативная информация об остатках товаров на складах и многое другое. Также важна оперативная управленческая информация, отражаемая в отчётах о работе организации, для оперативного управления руководителями разных звеньев торговой розничной сети.

Облачные сервисы дают большие возможности в развитии сетевого доступа к базе данных организации, при этом не требуя установки дополнительных программных продуктов, имея локальный компьютер с браузером и доступ к Интернету.

Облачные вычисления – это такие сервисы, как:

– «Инфраструктура как сервис» («Infrastructure as a Service» или «IaaS»);

– «Платформа как сервис» («Platform as a Service», «PaaS»);

– «Программное обеспечение как сервис» («Software as a Service» или «SaaS»), а также;

– *SaaS* (Software as a service) – программное обеспечение как сервис, т.е. клиенту предоставляется доступ к необходимому программному обеспечению как услуга;

– *IaaS* (Infrastructure as a Service) – инфраструктура ИТ как сервис, т.е. клиенту предоставляется ИТ-инфраструктура в соответствии с потребностями пользователей клиента;

– *PaaS* (Platform as a Service) – платформа как сервис, который предназначен для разработки облачных приложений, прежде всего ориентирован на производителей программного обеспечения.

Существует несколько моделей развёртывания облачных сервисов, но для обеспечения работы розничной торговой сети наиболее подходит модель развёртывания «частное облако».

«Частное облако» – это инфраструктура, предназначенная для использования одной организацией, включающей несколько потребителей. «Частное облако» может находиться в собственности, управлении и эксплуатации как самой организации, так и третьей стороны (или какой-либо их комбинации), и оно может физически существовать как внутри, так и вне юрисдикции владельца.

Использование облачных технологий позволит сократить затраты на программные продукты для точек продажи, а также технические характеристики локальных компьютеров на точках розничной продажи. Увеличиваются оперативность поступления информации в базу для её обработки, сохранность данных и их безопасность, как и стоимость их хранения. К тому же сокращается время на передачу информации.

Также важную роль играет тот факт, что облачные сервисы могут находиться не только в собственности организации, но и в собственности сторонних организаций, предоставляющих данную услугу, что позволяет не нести затраты на поддержание работы сервера, на содержание специалистов, обеспечивающих работу сервера и облачного сервиса.

Использование облачных технологий в деятельности торговых розничных сетей позволит сократить расходы на технические средства и их обслуживание и ускорит обмен информацией между точками и головной базой.

### **Библиографический список**

1. Риз Д. Облачные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2011.
2. Гребнев Е.М. Облачные сервисы. Взгляд из России. – CNews, 2011.
3. Берман Б., Эванс Дж. Розничная торговля. Стратегический подход. – М.: Вильямс, 2008.
4. Кент Т., Омар О. Розничная торговля. – М.: Юнити-Дана, 2007.

## **ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММЫ «10 ШАГОВ СЕРВИСА KIA» НА СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ KIA MOTORS КОМПАНИИ «ДАВ-АВТО»**

**Студент гр. Ау-08 И.С. Кривилёв**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

«10 шагов сервиса KIA» – это программа, входящая в стандарты обслуживания автомобилей KIA. Представляет собой совокупность определенных последовательных действий, направленных на достижение высоких результатов при обслуживании и ремонте автомобилей марки KIA. Задача данной программы – минимизировать отрицательные факторы, возникающие при обслуживании и ремонте автомобилей, и тем самым добиваться лояльности клиентов. Программа «10 шагов сервиса KIA» состоит из 10 пунктов: дата ремонта, приветствие клиента, диагностика автомобиля, заявка на ремонт, цены, выполнение работ по обслуживанию и ремонту автомобилей, контроль за выполнением графика ремонта, контроль исполнения работ по заявке владельца, выдача автомобиля после завершения ремонта, выдача автомобиля после завершения ремонта, контроль качества выполненных работ.

### **«10 шагов сервиса KIA»**

Программа «10 шагов сервиса KIA» разработана компанией *KIA Motor RUS*, которая является дистрибьютором автомобилей KIA в России. Данная программа включена в стандарты обслуживания владельцев KIA выполнять которые должен каждый дилерский центр KIA во всех странах мира. Программа «10 шагов сервиса KIA» направлена на улучшение сервисного обслуживания *Kia Motors*, повышение лояльности клиентов и, как следствие, увеличение прибыли станции за счет сохранения старых клиентов и привлечения новых.

Исследование процесса внедрения программы «10 шагов сервиса KIA» проводилось в компании ООО «ДАВ-АВТО». Компания «ДАВ-АВТО» с 2006 года является официальным дилером *KIA Motors* в Пермском крае, что дает ей право реализации новых автомобилей KIA, их технического обслуживания и текущего ремонта.

*Kia Motors* находится по адресу: Россия, г. Пермь, Бродовский тракт, д.1, тел.: (342) 246-26-06, факс: (342) 240-88-18, адрес сайта: <http://www.dav-auto.ru>

С 2011 года в компании началось внедрение новых стандартов обслуживания владельцев автомобилей KIA, а именно программы



«10 шагов сервиса KIA». Учитывая конкуренцию на рынке услуг по продаже и обслуживанию автомобилей KIA в Перми и Пермском крае – 3 официальных дилера в самом городе: ООО «ДАВ-АВТО», ООО «ЭКС-АВТО», ООО «ВЕГА-МОТОРС» и 6 филиалов данных компаний, расположенных по всему Пермскому краю – данная программа актуальна, поскольку является одним из способов добиться расширения клиентской базы за счет увеличения лояльности клиентов, а также сохранить уже имеющихся клиентов.

К моменту появления программы «10 шагов сервиса KIA» компания ООО «ДАВ-АВТО» уже 5 лет осуществляла ремонт и обслуживание автомобилей KIA, являясь официальным дилером. Сервисный центр осуществлял работ по технологиям, принятым с момента открытия сервисного центра и доработанным в процессе деятельности предприятия. Данные технологии представляли собой случайные технологические процессы, осуществляемые не в определенной последовательности со множеством отклонений, что тормозило развитие компании в целом. При загрузке сервисной зоны до 13–14 машинозаявок в день процессы работали, при увеличении загрузки свыше 17 машин в день – начинался беспорядок, увеличивалось время обслуживания, снижалось качество производимых работ, что приводило к появлению негатива клиентов, оттока их в другие сервисы, и как следствие, к снижению прибыли. Несмотря на активные продажи новых автомобилей, сервисный центр посещали только 20–30 % клиентов, поскольку многие не приезжали на обслуживание по причине перепробегов или невозможности осуществить ремонт в ближайшее время.

*Хронология внедрения технологии «10 шагов сервиса KIA»:*

*Январь 2011 года* – принятие стандартов обслуживания KMR (Kia Motors RUS).

*Февраль 2011 года* – ознакомление через информационное письмо всех официальных дилеров.

*Февраль 2011– май 2012 года* – в дилерских центрах нет абсолютно никаких изменений в работе, программа «10 шагов сервиса KIA» не нашла своего применения при устоявшихся традиционных способах работы.

*Май 2012 года* – KMR разрабатывает программу для обучения и внедрения программы «10 шагов сервиса KIA» в каждом дилерском центре, в которые направлены локальные тренеры (специалисты, анализирующие текущую ситуацию центров и помогающие внедрить программу «10 шагов сервиса KIA»).

*Июнь-июль 2012 года* в автоцентр *KIA Motors* ООО «ДАВ-АВТО» прибывает локальный тренер и начинает аналитическую работу.

В процессе анализа проводятся беседы с сотрудниками компании, переходящими в практические действия. Поскольку объемы выполняемой работы персоналом возросли, началось коллективное отторжение программы. В приказном порядке была изменена технология работы многих структур, и во второй половине месяца начал работать каркас программы «10 шагов сервиса KIA». Были запущены прямая приёмка, анкетирование клиентов, и структурирован склад запасных частей. На обучение выделялся всего месяц, поэтому результатами воздействия КМР явилось налаживание основы (платформы), на базе которой руководящему составу предстояло организовать, наладить и автоматизировать оболочку программы «10 шагов сервиса KIA».

*Август 2012 года* – создание сервис-бюро. 2 специалиста, обучаемые по средствам компании, и специалисты сервисного центра начинают работать по сбору, обработке клиентской базы, принятию телефонных звонков (ранее это делали мастера-приемщики по мере занятости).

Полученные эффекты:

- не был пропущен ни один телефонный звонок, не был оставлен ни один клиент без внимания;

- все клиенты, записанные на следующий день, обзванивались с напоминанием о визите, те, кто не мог приехать был перезаписан, на освободившиеся места записывались другие клиенты;

- нормальное формирование записи ассистентами сервиса позволило сократить время ожидания автомобилей на обслуживание и ремонт до 1 дня;

- началась работа по обзвону клиентов после проведения обслуживания для выявления недочетов работы сервисной зоны.

Введение сервис-бюро позволило разгрузить мастеров-приёмщиков, что дало возможность принимать 80 % автомобилей с прямой приёмкой и расширить средний заказ-наряд с 2300 до 2800 рублей.

Отдел запасных частей совместно с сервис-бюро начал активную работу по оповещению клиентов, ожидающих запасные части по гарантии, что позволило восполнить пустующие временные промежутки в сервисной зоне и снизить риск возрастания очередей клиентов, ожидающих ремонта автомобилей. Благодаря отсутствию очередей сервисный центр обеспечил себе возможность принимать клиентов в момент обращения, что сильно повлияло на увеличение как лояльности клиентов, так и клиентской базы. В отличие от конкурирующих организаций станция технического обслуживания (СТО) *KIA Motors* ООО «ДАВ-АВТО» первой

шагнула вперед с новым качеством в сфере обслуживания, что позволило уже в октябре добиться повышения прибыли на 30 %. Хочется отметить, что это была рекордная сумма за 6 лет работы данной компании, и благодаря качественной и рациональной работе удалось расширить свою клиентскую базу не только за счет продаж автомобилей, но и за счет привлечения большого количества клиентов конкурирующих компаний (рис. 1).



Рис. 1. Программа «10 шагов сервиса KIA»

**1-й шаг.** Дата ремонта: время визита в Технический центр вы выбираете сами.

Автомобили в Технический центр принимаются согласно записи, которую ведут специалисты клиентской службы (ассистент сервиса). При обращении клиента на станцию формируется предварительная запись, в которой указываются контактные данные клиента, данные по автомобилю и причина обращения. Данный шаг позволяет определить и упорядочить загрузку сервиса, проверить наличие необходимых запасных частей.

**2-й шаг.** Приветствие клиента: при посещении Технического центра вас всегда ждет теплый и радушный приём.

При посещении Технического центра согласно назначенному времени клиента ожидает свободный сервис-консультант, который встречает клиента, указывая на свободное парковочное место, и проводит дальнейшее оформление документации и работу с клиентом.

**3-й шаг.** Диагностика автомобиля: выслушаем все замечания и обсудим объем предполагаемого ремонта.

Сервис-консультант при клиенте осматривает автомобиль на прямой приёмке, делая рекомендации по замене вышедших из строя деталей, а также по мероприятиям для поддержания автомобиля в исправном состоянии.

**4-й шаг.** Заявка на ремонт: определим перечень работ до начала ремонта вашего автомобиля и просим поставить вашу подпись в заявке на ремонт.

Все работы будут отражены в заявке на ремонт с указанием норм времени и точной стоимости работ – клиент будет проинформирован о стоимости, перечне работ, материалов и запасных частей. Заявка на ремонт является юридическим документом о предоставлении услуг и заверяется подписями представителя компании (сервис-консультанта) и клиента.

**5-й шаг.** Цены: у нас простая и понятная система определения стоимости работ по ремонту.

Все работы, выполняемые в Техническом центре, строго нормированы, расчет стоимости производится из учета стоимости нормочаса. Стоимость работ и расходных материалов, применяемых при выполнении ТО и ТР, у всех официальных дилеров едины и представлены в таблице стоимости ТО.

**6-й шаг.** Выполнение работ по обслуживанию и ремонту автомобилей: ремонт вашего автомобиля будет выполнен в согласованный срок и с высоким качеством.

На данном шаге ведется четкий контроль за соблюдением сроков выполняемого ремонта, а также проводится контроль качества проведенных работ.

**7-й шаг.** Контроль за выполнением графика ремонта автомобилей: мы будем информировать о ходе ремонта и уведомим вас в случае изменения сроков окончания ремонта.

Сервис-консультант отслеживает график ремонта работ и при необходимости согласовывает (оповещает) клиента об увеличении сроков ремонта.

**8-й шаг.** Контроль исполнения работ по заявке владельца: после завершения ремонта мы проверяем соответствие выполненных работ и работ, указанных в заявке, чтобы убедиться в том, что все работы были сделаны должным образом.

После завершения работ специалистами сервисной зоны инженер технического контроля производит проверку полноты выполненных работ и их качества.

**9-й шаг.** Выдача автомобиля после завершения ремонта: когда вы приедете за своим автомобилем, мы разъясним вам особенности выполненных работ и ответим на ваши вопросы. Если дома у вас возникнут дополнительные вопросы, вы можете позвонить нам.

Автомобиль выдается сервис-консультантом в зоне выдачи (по необходимости автомобиль поднимается на подъемник) с разъяснением всех работ, демонстрацией замененных деталей и расходных материалов.

**10-й шаг.** Контроль качества выполненных работ и удовлетворенности владельцев: не удивляйтесь, если через несколько дней после возврата автомобиля мы позвоним вам. Ваша оценка выполненных работ и мнение о качестве сервиса помогают нам улучшать качество сервисного обслуживания и степень удовлетворенности владельцев автомобилей.

Сотрудники клиентской службы производят обзвон ВСЕХ клиентов с целью получить необходимую информацию по качеству обслуживания и степени удовлетворенности клиентов. Данные анализируются и доводятся до руководства. Персонал проводит обучение, основываясь на данных обзвона, и также проводится работа над ошибками.

Преимущества данной программы:

- возможность адаптации ее ко всем техническим центрам;
- упорядочивает все процессы, разбивая их на группы (шаги) с указанием лиц, ответственных за выполнение;
- возможность выхода сервисного центра на новый уровень обслуживания, схожий с обслуживанием в развитых европейских странах.

*Недостатки программы:*

– необходимость вложения средств для полной адаптации программы «10 шагов сервиса KIA»;

– на внедрение программы необходимо время, которое зависит от квалификации персонала.

В январе 2012 года компания ООО «ДАВ-АВТО» запустила в эксплуатацию новый автоцентр KIA, расположенный на месте старого по адресу: г. Пермь, Бродовский тракт, д. 1. Новое здание соответствует стандарту, предъявляемому дистрибьютором, благодаря чему производственно-техническая база позволила внедрить программу без каких-либо крупных вложений.

В процессе внедрения программы наблюдались видимые изменения следующих показателей работы станции: количество машинозаездов, средняя стоимость заказ-наряда, общий объем доходов. В октябре программа «10 шагов сервиса KIA» была внедрена на 90 %. Все данные ниже приведены из анализа программы 1С (рис. 2–6).

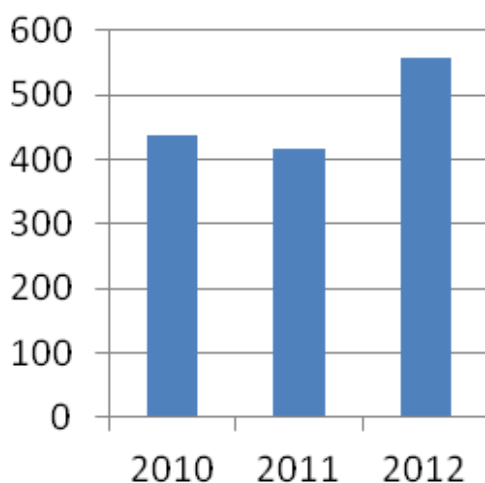


Рис. 2. Количество машинозаездов в октябре

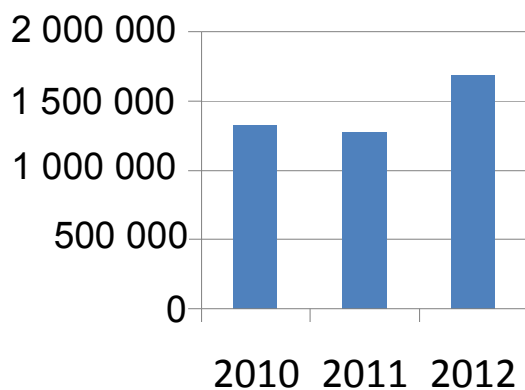


Рис. 3. Средний доход СТО в октябре (руб)

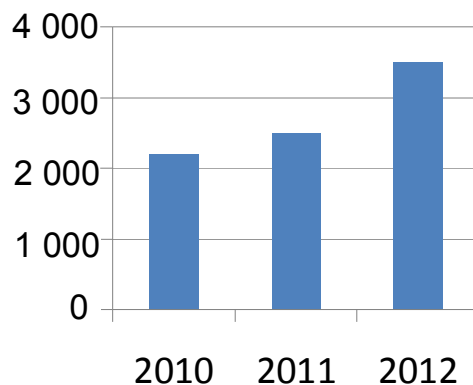


Рис. 4. Средняя стоимость заказ-наряда

Как показала практика в ООО «ДАВ-АВТО», выполнение этих простых десяти шагов помогает повысить лояльность клиентов, что ведет к постоянному росту клиентской базы и, как следствие, повышению прибыли сервисного центра.

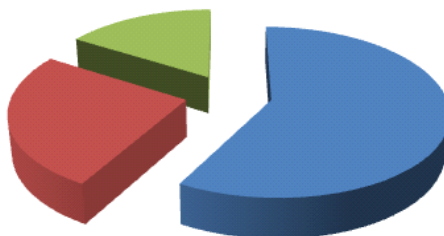


Рис. 5. Сравнительная диаграмма количества лояльных клиентов до внедрения программы «10 шагов сервиса KIA»:

■ – удовлетворены полностью, ■ – нейтрально, ■ – не удовлетворены

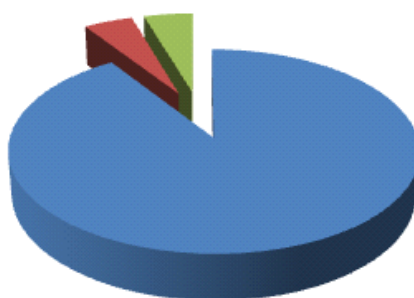


Рис. 6. Сравнительная диаграмма количества лояльных клиентов после внедрения программы «10 шагов сервиса KIA»:

■ – удовлетворены полностью, ■ – нейтрально, ■ – не удовлетворены

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Трудности встраивания в процесс работы «ДАВ-АВТО» программы «10 шагов сервиса KIA» были обусловлены рядом следующих проблем:

- отсутствие технологических процессов, отвечающих требованиям нормальной работы программы;
- нехватка необходимого персонала, а также нежелание действующего персонала принимать весомые изменения в их работе;
- недостаточная осведомленность действующего персонала, приводившая к постоянным нарушениям и, как следствие, к низкому результату деятельности;
- отсутствие четкой организации в распределении трудовых обязанностей персонала.

Однако понимая, что при внедрении программы компания «ДАВ-АВТО» получила конкурентное преимущество, предприятие добилось слаженной работы коллектива, четкого следования требованиям программы «10 шагов сервиса KIA», что позволило за счет увеличения лояльности клиентов значительно расширить среднюю стоимость заказ-нарядов на ремонт и обслуживание автомобилей, увеличить клиентскую базу и снизить влияние фактора «сезонность». Общим эффектом от решения проблемы внедрения программы «10 шагов сервиса KIA» стало значительное повышение прибыли станции и увеличение заработной платы сдельных работников. Внедрение программы «10 шагов KIA» позволило предприятию выйти на принципиально новый уровень обслуживания клиентов.



## СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА DELPHI

Студенты гр. КСК-11 Н.С. Абдасов, Д.С. Соромотин

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Липин  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Среди пользователей персональных компьютеров в настоящее время наиболее популярно семейство операционных систем *Windows* и, естественно, что тот, кто собирается программировать, стремится писать программы, которые будут работать в этих системах. Несколько лет назад рядовому программисту оставалось только мечтать о создании собственных программ, работающих в среде *Windows*, так как единственным средством разработки был *Borland C++ for Windows*, явно ориентированный на профессионалов, обладающих серьезными знаниями и опытом [1].

С развитием вычислительной техники потребность в эффективных средствах разработки программного обеспечения привела к появлению систем программирования, ориентированных на так называемую «быструю разработку», среди которых можно выделить *Borland Delphi* и *Microsoft Visual Basic* [2]. В основе систем быстрой разработки (RAD-системы, *Rapid Application Development* – среда быстрой разработки приложений) лежит технология визуального проектирования и событийного программирования, суть которой заключается в том, что среда разработки берет на себя большую часть рутинной работы, оставляя программисту работу по конструированию диалоговых окон и функций обработки событий. Производительность труда программиста резко возрастает при использовании RAD-систем. Рассмотрим систему *Delphi*, в состав которой входят компоненты, позволяющие создавать программы работы с файлами данных, созданными различными системами, от *SE* до *Infomix* и *Oracle*. *Delphi* позволяет программисту, используя утилиту *Borland Database Desktop*, создавать файлы баз данных в различных форматах. Среда программирования *Delphi* удобна и эффективна при разработке приложений различного назначения для *Windows* [3].

В настоящее время актуализируется проблема создания приложений и внедрения их в повседневную практику при производстве сложной техники на предприятиях автоматизации производственных процессов. Приложения используются в электротехнических устройствах домашнего пользования, таких как калькуляторы, стиральные машины, видеокамеры, фотоаппараты и других. Создаются и разрабатываются

приложения и в помощь программистам, позволяющие экономить время, исключая поиск нужной справочной информации в Интернете и библиотеках, обеспечивая пользователей нужными данными непосредственно на рабочем месте. Время – главный фактор в работе программиста, так как сроки на создание программ в условиях конъюнктуры рынка программной продукции зачастую минимальны.

В результате анализа существующих проблем в подготовке программистов поставлена задача разработать справочное приложение по интегрированной среде *Delphi*, которое позволит облегчить работу начинающего программиста, посредством использования списка визуальных компонентов, при обращении к которым будет выводиться справочная информация, а также требуемая форма с компонентом, демонстрирующая его свойства.

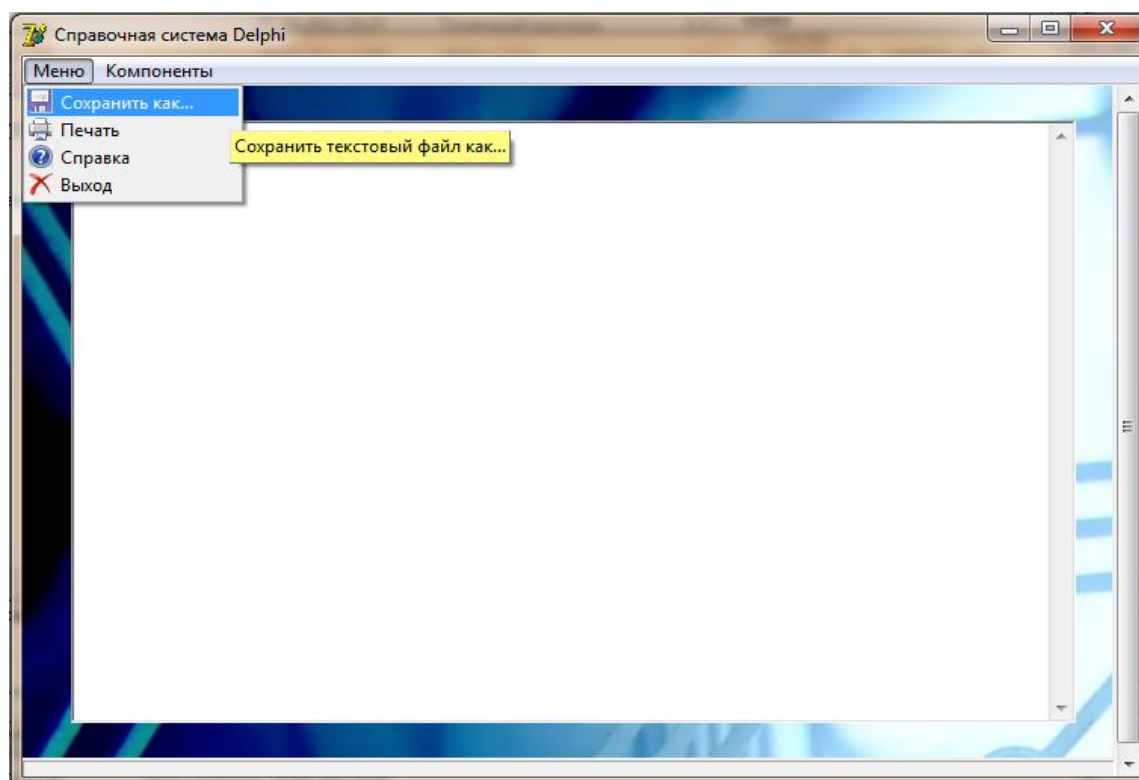


Рис. 1. Интерфейс программы

Приложение разработано в среде программирования *Delphi* и отвечает требованиям:

– содержательности системы, заключающейся в том, что система содержит информацию о всех наиболее часто используемых компонентах среды *Delphi*. При разработке приложений программист может воспользоваться справкой посредством выбора компонента из списка, что исключает «копание» по сайтам, попадание спама и вирусов в ПК и значительно сокращает время создания программ;

– простоты интерфейса системы, заключающейся в интуитивно понятном внешнем виде (рис. 1, 2), что позволяет сократить время поиска необходимой информации и применять данную систему для обучения, например, студентов.

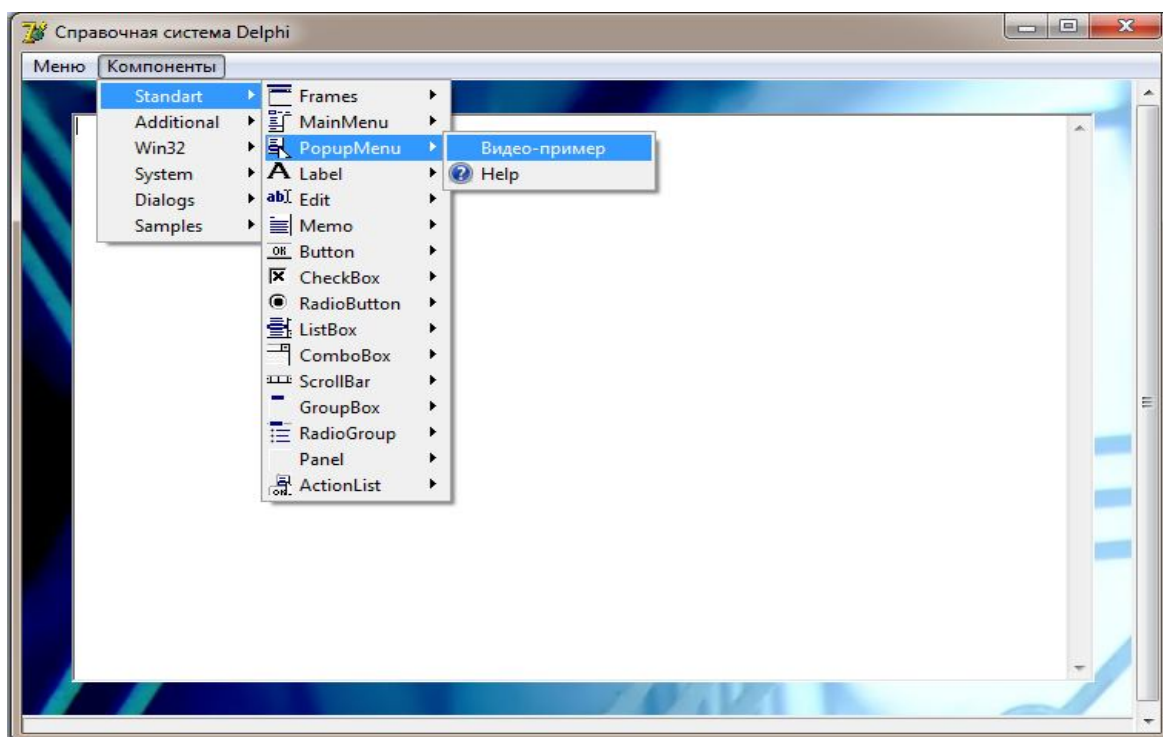


Рис. 2. Интерфейс программы

Современные условия предъявляют свои условия программированию – это скорость и качество создания программ, которые может обеспечить среда визуального проектирования, способная взять на себя значительные объёмы рутинной работы по подготовке приложений. В результате создания авторами настоящей статьи «Справочной системы Delphi» удалось оптимизировать процесс программирования и создать комфортные условия для обучения программированию в среде *Delphi*.

### Библиографический список

1. Климова Л.М. Delphi 7. Основы программирования. Решение типовых задач. Самоучитель. – 2-е изд. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. – 480 с.
2. Фленов М.Е. Библия Delphi. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 800 с.
3. Галисеев Г.В. Компоненты в Delphi 7. – М.: Вильямс, 2004. – 624 с.

# ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА SURF

Студент гр. АТ-11м А.А. Артемов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *М.В. Кавалеров*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Слежение за объектом осуществляется только после того, как он был выделен из окружающей среды. Критерием выделения необходимого объекта (предмета) могут служить различные характеристики, например: форма, размеры, цвет. Одним из способов выделения объекта является использование ключевых точек изображения. Более подробно об этом рассказывается в статье [1].

**Постановка задачи.** Требуется показать на примерах особенности (преимущества и недостатки) выделения объекта на основе ключевых точек изображения, получаемых с помощью метода SURF [2], по сравнению с другими методами (на основе цвета, формы, размера).

**Описание решения.** Был проведен ряд экспериментов при различных условиях для демонстрации возможностей и характеристик метода SURF. При этом применялась программа, разработанная с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV [3, 4].

**Эксперимент 1.** На рис. 1 при освещении предмета красным светом он был выделен при помощи метода SURF (сформированы соответствующие ключевые точки изображения на эталонном кадре). После этого было включено нормальное освещение и был запущен обычный алгоритм работы [1], использующий метод SURF (рис. 2).

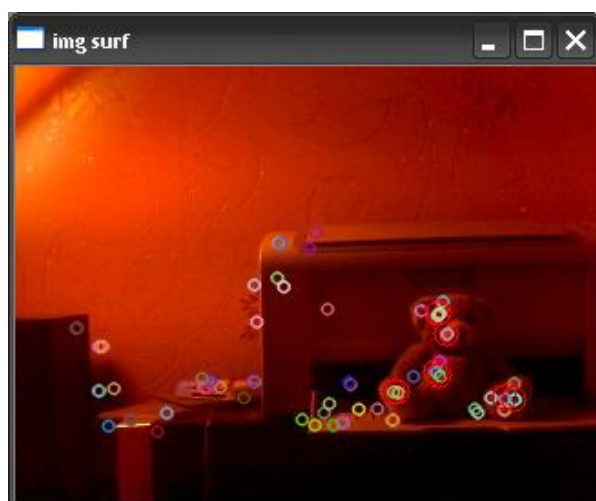


Рис. 1. Эталонный кадр в красных тонах

На рис. 2 видно, что предмет имеет другой цвет, однако это не мешает алгоритму, основанному на методе SURF его найти.

Алгоритмы, использующие для выделения предмета его цвет, часто не справляются со своей задачей при изменении цвета объекта, например, в случае изменения характера освещения. В качестве примера можно привести алгоритм, осуществляющий слежение за рукой человека на основе поиска областей изображения, имеющих цвет кожи человека [3].

Но метод SURF учитывает перепады яркости на изображении, поэтому общее изменение цвета изображения обычно сильно не отражается на работе этого метода.

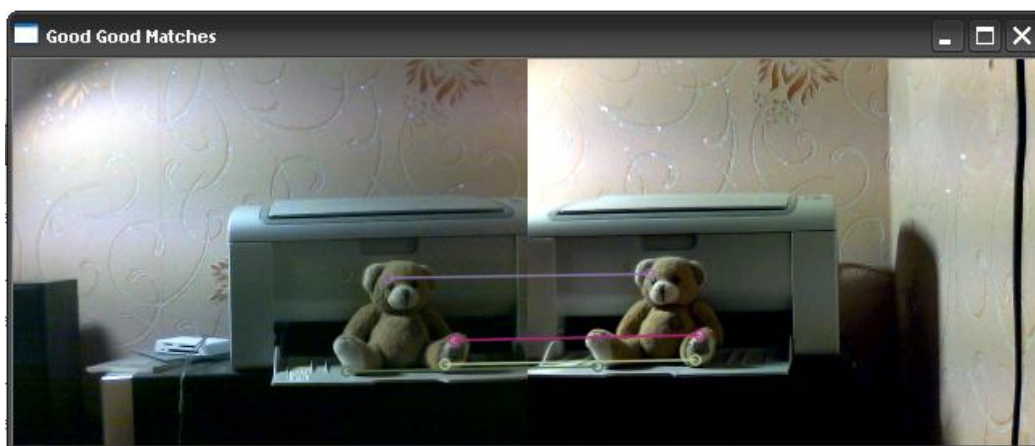


Рис. 2. Результат работы алгоритма при нормальном освещении

**Эксперимент 2.** На рис. 3 предмет был выделен при помощи ключевых точек, получаемых методом SURF, далее этот предмет был отдален от точки наблюдения, благодаря чему изменились его размеры (рис. 4).

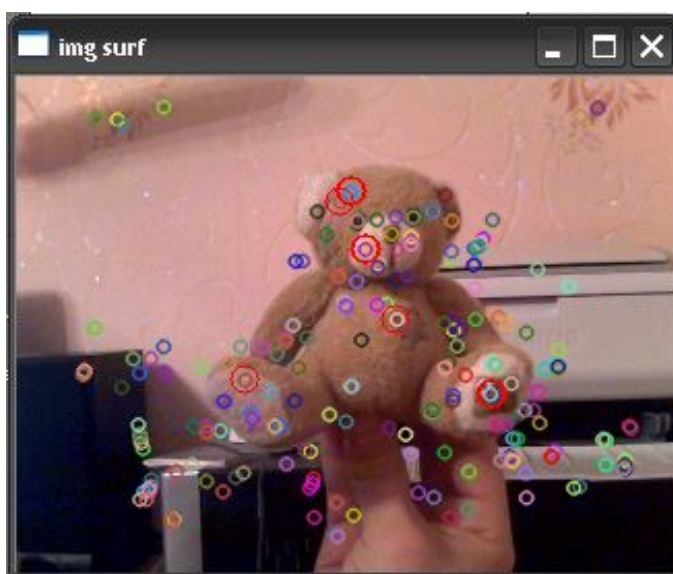


Рис. 3. Эталонный кадр для выделения объекта

Как видно из рис. 4, необходимый предмет найден, несмотря на уменьшение видимого размера предмета. При использовании методов, использующих размеры объекта в качестве критерия выделения, этот предмет, скорее всего, не будет найден.

**Эксперимент 3.** На рис. 5 предмет был выделен при помощи ключевых точек, получаемых методом SURF, после чего часть этого предмета была перекрыта другим. Но та часть, которая не была закрыта, все равно находится при помощи метода, основанного на ключевых точках (рис. 6), так как она содержит ранее найденные ключевые точки. Это позволяет находить даже отдельные части объекта. При использовании методов поиска на основе формы предмета найти отдельные части объекта бывает довольно сложно, а иногда невозможно.

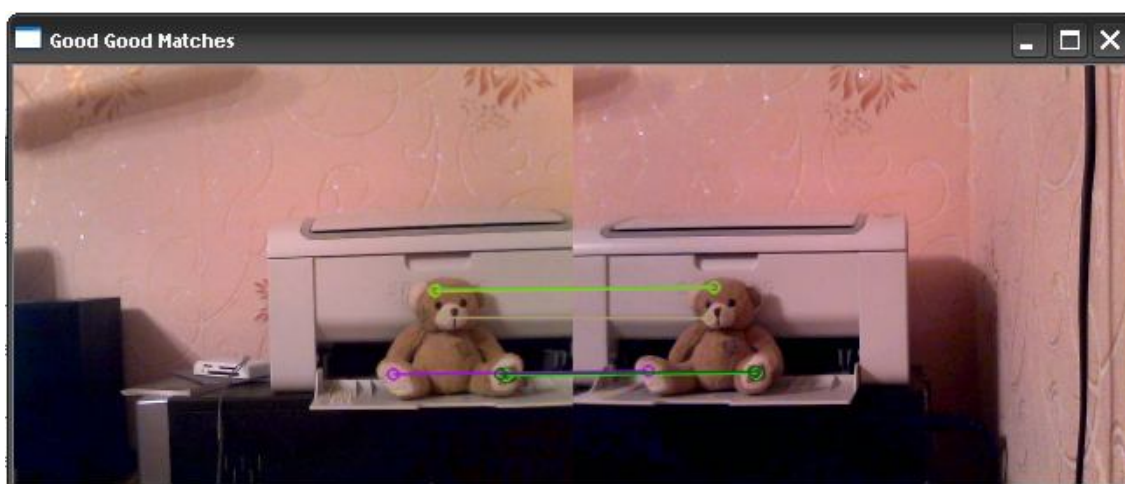


Рис. 4. Результат работы алгоритма при изменении размера объекта

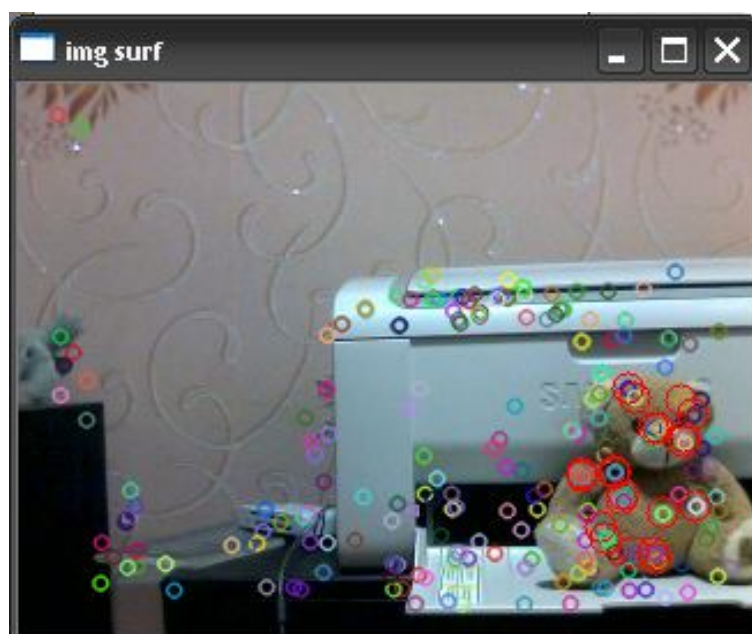


Рис. 5. Эталонный кадр для выделения объекта

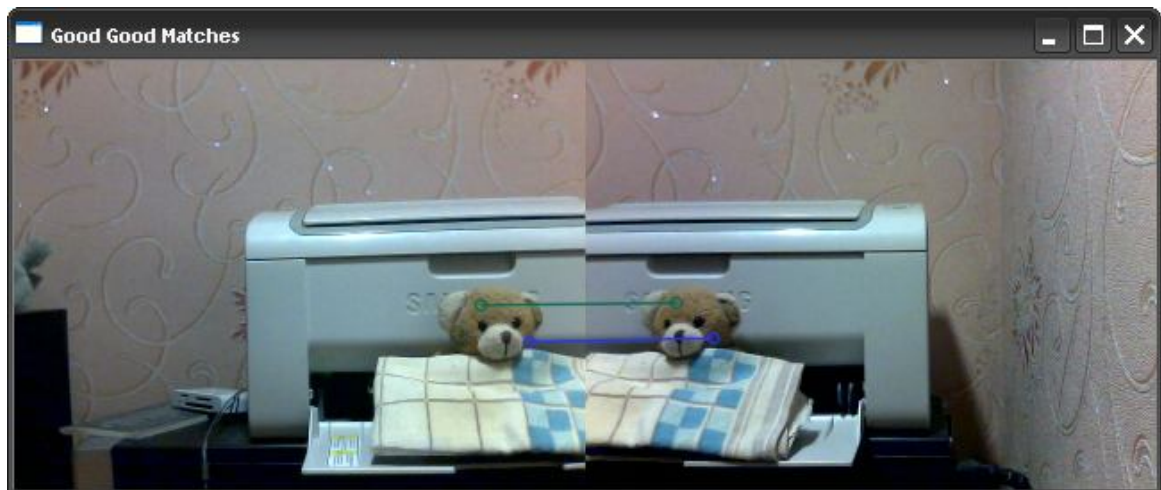


Рис. 6. Результат работы алгоритма при частичном перекрытии объекта

**Эксперимент 4.** На рис. 7 предмет повернут набок и выделен при помощи ключевых точек, полученных методом SURF. Алгоритм поиска по ключевым точкам изображения найдет выбранный предмет даже при его повороте (рис. 8). Это возможно потому, что ключевые точки, найденные при помощи метода SURF, инварианты к вращению. Если отдельные части предмета будут повернуты относительно начального положения, то предмет все равно будет найден.

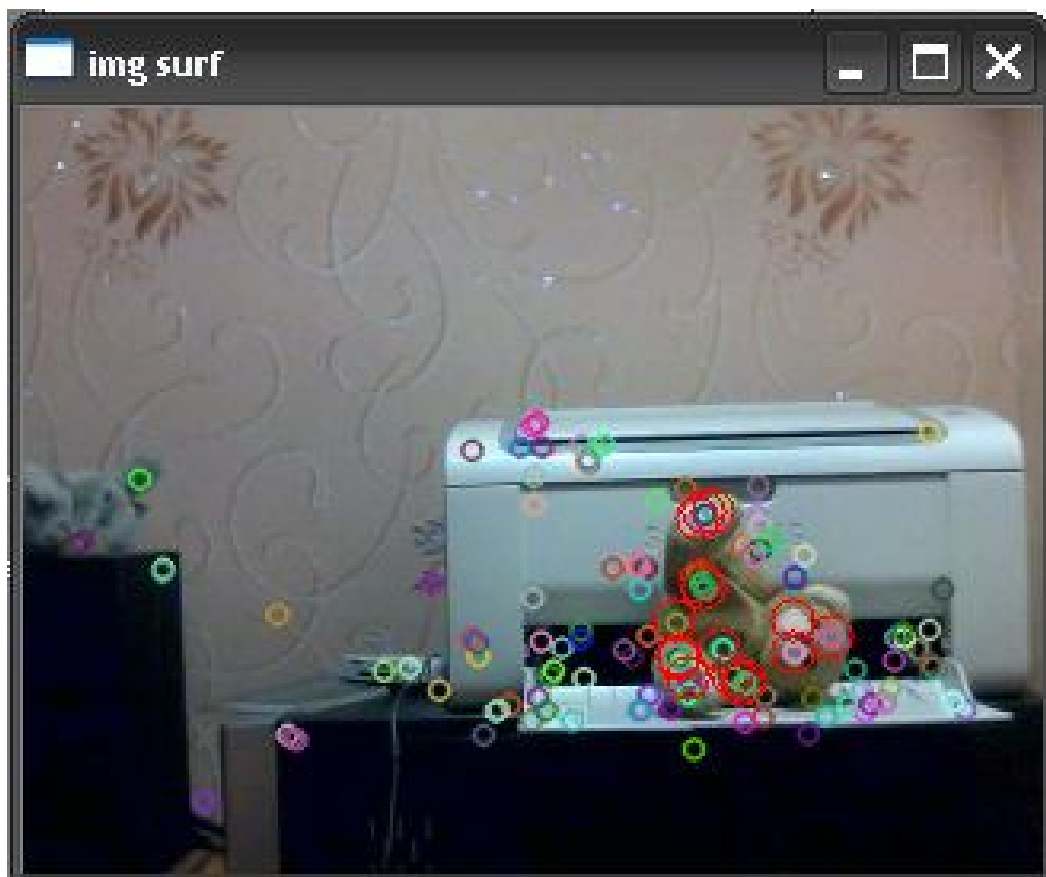


Рис. 7. Эталонный кадр для выделения повернутого объекта

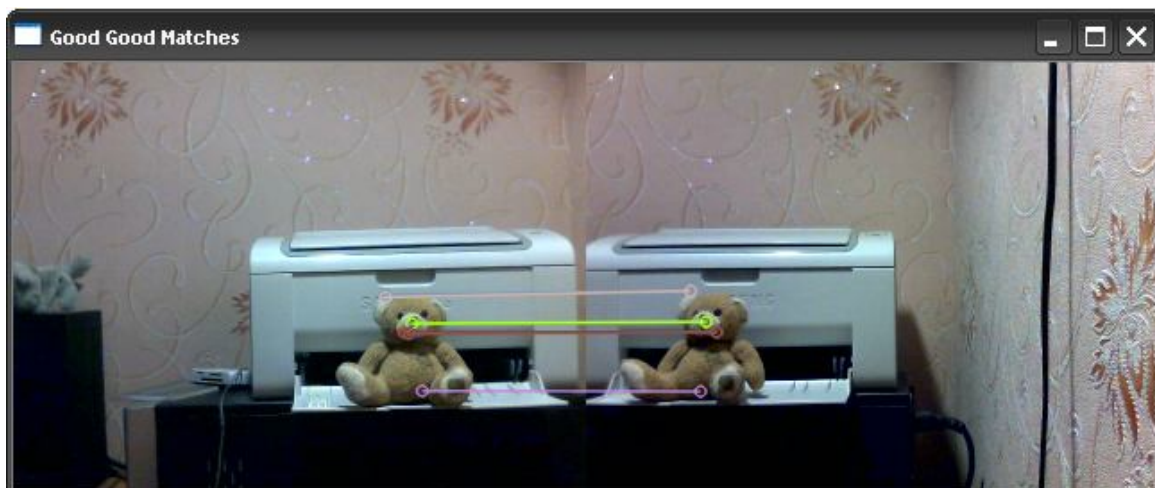


Рис. 8. Результат работы алгоритма при повороте объекта

**Эксперимент 5.** На рис. 9 видно, что на предмете (оранжевый прямоугольник) найдена всего одна ключевая точка, что затрудняет его выделение, так как одной точки обычно слишком мало. Это связано с тем, что предмет однородный и на нем слабые перепады яркости. Данный пример демонстрирует недостаток метода выделения объекта на основе ключевых точек, получаемых методом SURF.

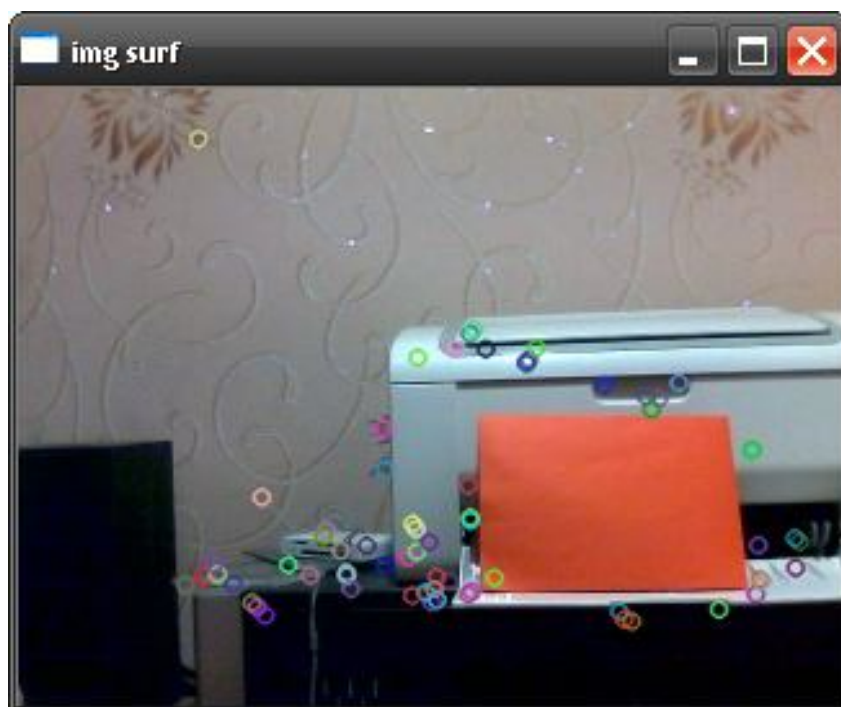


Рис. 9. Эталонный кадр для выделения объекта (оранжевый прямоугольник) с малыми перепадами яркости

**Заключение.** Были приведены результаты экспериментов, показывающие особенности выделения объекта на основе ключевых точек изображения, получаемых методом SURF. Ключевые точки не связаны



с размером и формой предмета, что позволяет использовать их при изменении размеров и формы. Инвариантность ключевых точек к вращению дает возможность использовать их при повороте предмета. Кроме того, ключевые точки не зависимы друг от друга, что позволяет находить предметы, даже частично закрытые от взгляда. В качестве недостатка метода выделения на основе ключевых точек можно отметить сложность выделения предметов с малыми перепадами яркости.

### **Библиографический список**

1. Артемов А.А., Кавалеров М.В. Слежение за объектом на основе стереозрения и выделения ключевых точек изображения, полученных с помощью метода SURF [Электронный ресурс] // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. InnoTech 2011: материалы III Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – URL: [http://www.conference.msa.pstu.ru/arhiv/skachat-sbornik-innotech-2011/at\\_download/file](http://www.conference.msa.pstu.ru/arhiv/skachat-sbornik-innotech-2011/at_download/file) (дата обращения: 10.12.2012).
2. Обнаружение устойчивых признаков изображения: метод SURF [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/blogs/algorithm/103107> (дата обращения: 10.12.2012).
3. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV. – O'Reilly Media, 2008. – 556 p.
4. OpenCV v2.4.3 documentation [Электронный ресурс]. – URL: <http://opencv.itseez.com> (дата обращения: 10.12.2012).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ МОЗГА

**Студент гр. АТ-12м А.В. Беляев**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *О.В. Гончаровский*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В современном технизированном мире большую роль играют интерфейсы взаимодействия человека и машины. Новым направлением в этой сфере является создание интерфейсов на основе анализа активности мозга. Вместо того, чтобы реагировать на явные воздействия пользователя на устройства ввода, мы можем обнаруживать намерения и сможем понять потребности человека, прежде чем он сможет ясно сформулировать их.

Существует несколько способов анализа активности мозга. В настоящее время преобладают такие методики, как электроэнцефалография (ЭЭГ) или функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия (fNIRS), чтобы измерить мозговое действие.

ЭЭГ измеряет мозговую активность, используя электроды, помещенные на поверхность головы, которые обнаруживают электрический потенциал, вызванный движением нейронов, предоставляя исследователям информацию об активности в множестве точек. Преимущество этой системы состоит в высоком быстродействии. Также современные системы ЭЭГ достаточно легкие и компактные, что является несомненным плюсом для исследователя.

Однако на точность сбора данных влияет много внешних факторов. Например, система ЭЭГ чувствительна к сокращению мышц, т.е. требуется ограничить физические движения пользователя во время съема данных. Также у этих систем низкое пространственное разрешение. То есть может быть достаточно трудно, а подчас и вообще невозможно локализовать, какая именно область мозга была активирована. Также оборудование для ЭЭГ достаточно дорогое.

Новой и перспективной технологией является технология ближней инфракрасной спектроскопии мозга. В этой технологии измеряются изменения кровотока вместо измерения электромагнитного излучения. Метод использует излучение инфракрасных светодиодов и анализирует отраженный сигнал. Датчики в системе обнаруживают изменения в окисленной и неокисленной крови в исследуемой области мозга. Эта

технология отличается высокой степенью пространственного разрешения, но менее чувствительна к быстротекущим изменениям в мозговой активности, чем ЭЭГ.



Рис. 1. Обобщенная структура системы

Данные, получаемые с помощью fNIRS, менее восприимчивы к перемещениям головы наблюдаемого и могут использоваться человеком в движении. У fNIRS есть и другое известное преимущество: более короткое время установки датчиков, чем ЭЭГ, что делает fNIRS более привлекательным для прикладного применения, а также сами датчики, помещаемые на голове, обычно достаточно легкие и меньше мешают

пользователям, чем другие. Также с помощью fNIRS можно достаточно точно локализовать активную зону мозга, повышая точность и качество распознавания.

Поскольку требуется создание системы, которая должна произвести некоторые преобразования: от регистрации и локализации зон, в которых происходит изменение активности мозга, до выработки четких сигналов управления, то система должна состоять из следующих блоков: блок сенсоров, блок предварительной обработки и фильтрации данных, блоки передачи и приема для сопряжения с ПК, на котором будет производиться дальнейшая обработка.

Этап проектирования датчиков начнем с рассмотрения принципа регистрации изменений активности мозга. Метод основан на способности инфракрасного излучения проникать в кору головного мозга. Используется свет с длиной волны 650–900 нм – узконаправленный пучок инфракрасного излучения, проникающий в голову в определенном месте. Большая часть фотонов поглощается, но некоторые фотоны могут отразиться от ткани и выйти на поверхность. И экспериментальные, и теоретические исследования свидетельствуют о том, что интенсивность отраженного излучения несет информацию о изменениях в насыщенности кислородом ткани, связанной с мозговой деятельностью, и объясняет поглощение и рассеивание этих фотонов и, следовательно, затрагивает обнаруженные незначительные изменения в амплитуде сигнала (1–2 %).

Исходя из этого принципа, и строился датчик. Конструктивно датчик состоит из двух элементов: инфракрасного светодиода с длиной волны 880 нм и фототранзистора. Светодиод и фототранзистор установлены в светонепроницаемом корпусе, который минимизирует влияние внешнего освещения и направлен на прием только узконаправленного отраженного сигнала.

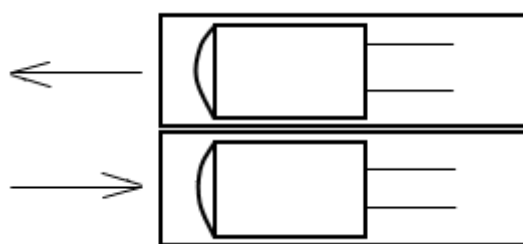


Рис. 2. Датчик

В ходе экспериментов было выяснено:

1. Влияние внешнего освещения. Поскольку не удалось найти фототранзисторы, предназначенные специально для работы с инфракрасным излучением, пришлось использовать обычные фототранзисторы. А это

привело к влиянию внешнего освещения на показания. В качестве решения можно предложить проводить эксперименты в темной комнате либо применить внешний чехол, который будет закрывать датчики от внешнего освещения

2. Амплитуда полезного сигнала незначительно меняется на уровне фонового сигнала. Как показывают исследования, необходимо обнаруживать незначительные изменения в амплитуде сигнала (2–3 %).

Как было изложено выше, полезный сигнал имеет малую амплитуду и подвержен влиянию внешних помех. Поэтому перед оцифровкой сигнал нужно соответствующим образом подготовить: усилить и отфильтровать шумы. Усиление производится на операционном усилителе AD8544, коэффициент усиления составляет 5,7. Также в блоке реализуется фильтрация от высокочастотных помех на основе RC-фильтра, настроенного на частоту 100 Гц.

На данном этапе работы спроектирован и изготовлен блок предварительной обработки на 4 канала.

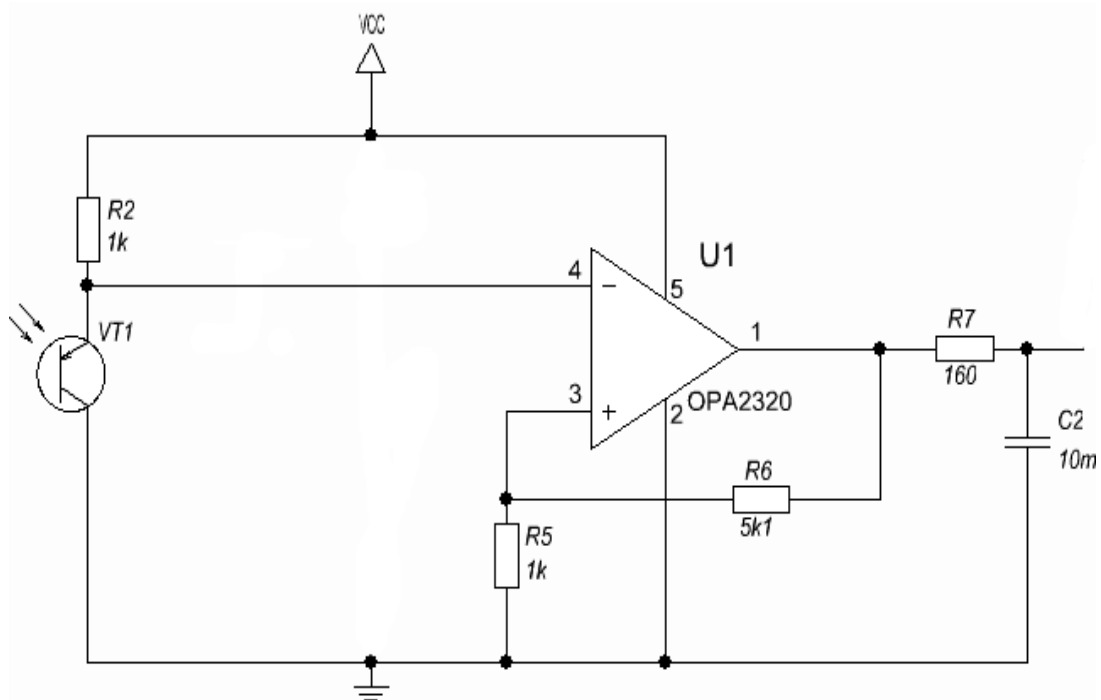


Рис. 3. Принципиальная схема 1 канала блока предварительной обработки

После узла предварительной обработки информации формируется чистый полезный сигнал, согласованный по уровню напряжения со входами АЦП. Учитывая тот факт, что после оцифровки потребуются цифровая обработка информации, возможно, применить микроконтроллер со встроенным АЦП. Реализацию будем осуществлять на

микроконтроллере STM32F100RBT6B, установленном на отладочной плате STM32VLDISCOVERY.

В итоге микроконтроллер выполняет следующие функции:

- 1) аналого-цифровое преобразование сигнала;
- 2) формирует информационные пакеты с оцифрованными данными;
- 3) осуществляет отправку этих пакетов на ПК по интерфейсу UART.

Для того чтобы система поддерживалась на большинстве современных компьютеров, был изготовлен преобразователь USB-UART, схема которого основывается на микросхеме FT232RL.

В итоге с точки зрения обработки информации с датчиков компьютером информация представляет собой 4 канала с дискретными числовыми значениями (от 0 до 4095). Эти значения могут содержать помехи, полученные как на этапе измерений, так и при передаче от МК. Поэтому эти значения нужно подвергнуть цифровой фильтрации. Для этого требовалось разработать программу, которая позволяет производить сбор экспериментальных данных и простейшую обработку значений.

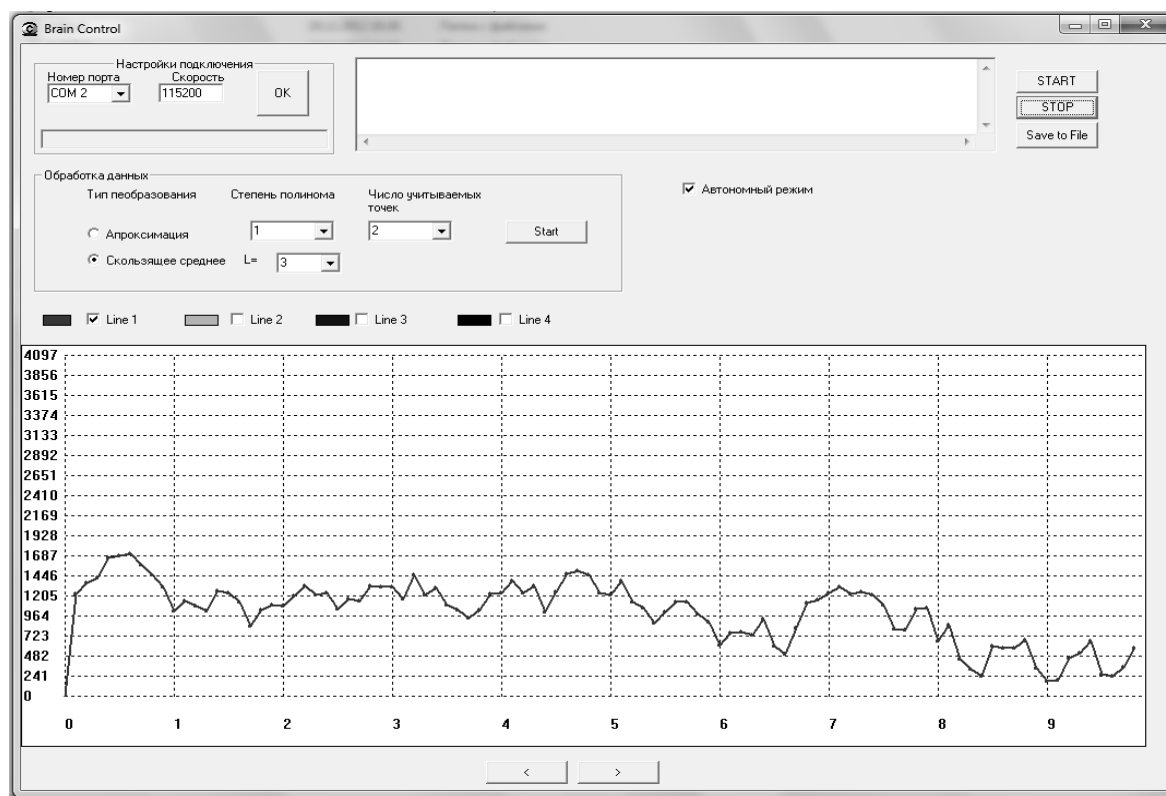


Рис. 4. Интерфейс программы BrainControl

В результате был создан работающий прототип системы сбора данных, следующим и самым сложным этапом в работе будет обработка информации, после которой мы необходимо получить выходную последовательность управляющих команд. Для начала будем строить

систему, ориентированную на 2 управляющих сигнала. В качестве механизма обработки информации в таком случае подойдет искусственная нейронная сеть.

Также планируются проведение дополнительных экспериментов и доработка программы *BrainControl*.

### **Библиографический список**

1. A novel method for fast imaging of brain function, non-invasively, with light / B. Chance, E. Anday, S. Nioka, S. Zhou, L. Hong, K. Worden, C. Li, T. Murray, Y. Ovetsky, R. Thomas. *Optics Express*. – 1998. – 411 с.

2. Brain-computer interfaces for communication and control / J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. Mcfarland, G. Pfurtscheller, T.M. Vaughan *Clinical Neurophysiology*. – 2002. – 113 (6). – 792 с.

3. Dear P., Bunney M, BrainMap Jr [Электронный ресурс]. – URL: [http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2012/pmd68\\_mab448/pmd68\\_mab448/index.html](http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2012/pmd68_mab448/pmd68_mab448/index.html) (дата обращения: 29.12.2012).

4. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/искусственная\\_нейронная\\_сеть](http://ru.wikipedia.org/искусственная_нейронная_сеть) (дата обращения: 29.12.2012).

5. Новая многоканальная система ближней инфракрасной спектроскопии для функционального исследования головного мозга / Э.В. Крыжановский [и др.] // *Биотехносфера*. – 2011. – №3(15). – 78 с.

# **РАЗРАБОТКА ЯДРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСПАКОВЩИКОВ НАВЕСНЫХ ЗАЩИТ ФАЙЛОВ РЕ-ФОРМАТА**

**Студент гр. ПМИ-1 Д.Р. Валеев**

Пермский государственный национальный  
исследовательский университет

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор,  
заслуженный изобретатель РФ *С.Ф. Тюрин*  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет

В современном информационном мире существуют и актуальны проблемы кражи и незаконной модификации исполнимого кода. Разные авторы решают эту проблему неодинаково: одни реализуют защиту своего приложения сами, другие привлекают профессионалов к разработке защитных механизмов, у которых уже есть наработки для автоматизированной защиты приложений. Как правило, защиты, реализованные авторами самостоятельно, используют достаточно простые, но оригинальные приёмы, а автоматизированные средства защиты используют сложные, но шаблонные приёмы.

Для нейтрализации защит, разработанных авторами самостоятельно, требуется участие исследователя, который изучит и вручную модифицирует защитные механизмы так, чтобы они не представляли неудобств при исследовании кода. Для средств защит, разработанных специалистами по безопасности, требуется большая квалификация исследователя, но, нейтрализовав защиту однажды, можно реализовать автоматический распаковщик. Такая возможность заранее известна, и авторы пытаются противостоять автоматическим распаковщикам путем применения различных приёмов, в их число входят: антитрассировочные приёмы, приёмы обнаружения отладки, приёмы усложнения снятия дампа запущенного приложения, искажение таблицы импорта, повреждение структуры РЕ-файла.

На данный момент идёт активное развитие в данной области. Потребность в ядрах для построения автоматических распаковщиков есть у антивирусных аналитиков, реинженеров, исследователей защит и т.д. Идёт постоянное противоборство между разработчиками защитных механизмов и разработчиками средств их автоматической нейтрализации.



Работа посвящена созданию ядра для реализации на его основе автоматизированных распаковщиков навесных защит, которое не будет обнаруживаться современными антиотладочными средствами. Актуальность работы обусловлена широким распространением техники защиты вредоносного кода с помощью автоматизированных навесных защит, которые применяют различные антиотладочные методы для борьбы с исследованием их кода.

Цель работы – отладочное ядро, не подверженное обнаружению большинством современных антиотладочных методов. Работа разделена на 4 этапа: анализ популярных средств антиотладки, основанный на обзорных работах Р. Ferrie [1–6], и современных отладочных средств, реализация отладочного ядра, которое не будет подвержено обнаружению проанализированными методами антиотладки, реализация механизмов для восстановления служебных структур файла после распаковки, анализ успешности полученного ядра отладки на предмет его обнаружения проанализированными методами антиотладки.

### **Обзор существующих решений для отладки**

Все доступные из существующих на сегодняшний день продукты не могут полностью удовлетворить потребности специалиста, занимающегося распаковкой навесных защит. Критерии сравнения основаны на основных операциях, которые требуются для распаковки навесных защит и на удобстве использования ядра для распаковки. Рассмотрим критерии подробнее:

1. Встраиваемость – подразумевает возможность использования ядра отладки в составе других продуктов как их составная часть.
2. GUI – наличие графического интерфейса пользователя для управления ядром распаковки.
3. Снятие дампа – наличие встроенных в ядро средств для снятия дампа запущенного процесса.
4. Восстановление служебных структур – наличие встроенных в ядро средств для восстановления служебных структур файла [7] после распаковки: директории импорта, экспорта, ресурсов, TLS [8].
5. Невидимость для антиотладки – неподверженность ядра отладки детекции наиболее популярными средствами антиотладки.

Из сравнения (табл. 1) видно, что одно из самых развитых и функциональных ядер для построения автоматизированных распаковщиков подвержено обнаружению со стороны навесных защит.

Большая часть современного вредоносного кода защищена навесными защитами, которые осложняют их исследование вирусными

аналитиками. У вирусных аналитиков и независимых исследователей есть потребность в автоматизации распаковки защищённых приложений. Стандартные средства ОС *Windows* для построения автоматизированных распаковщиков подвержены лёгкому обнаружению и нейтрализации со стороны защит. Требуется отладочное ядро, способное оставаться незамеченным для большинства распространённых приёмов обнаружения отладки.

Таблица 1

Сравнение разрабатываемого ядра с аналогами

Наименование критерия	OllyDbg	WinDbg	IdaPro	TitanEngine	Разрабатываемое ядро
Встраиваемость	–	–	–	+	+
GUI	+	+	+	–	–
Снятие дампа	–	–	–	+	+
Восстановление служебных структур	–	–	–	+	+
Невидимость для антиотладки	–	–	–	–	+

Для комплексной распаковки приложений надо подготовить механизмы для борьбы со всеми подходами, применяемыми в защитах и осложняющими распаковку, такими как антиотладка, защита служебных директорий приложения, защита кода, данных.

Для выработки способа отладки, не подверженного обнаружению со стороны популярных методов антиотладки, были проанализированы и категоризированы популярные методы обнаружения и препятствия отладке. Из анализа стало ясно, что большинство методов направлено на борьбу с отладкой, использующей стандартные средства, предоставляемые ОС *Windows* и процессорами с x86 архитектурой.

#### **Предлагаемое решение**

Был предложен механизм собственной системы отладки (рисунок), не зависящий от средств операционной системы. Основа ядра отладки – драйвер, который перехватывает прерывания, необходимые для реализации пошагового выполнения. Также была реализована возможность использования альтернативных инструкций для реализации точек останова, на которых защиты не проверяют свой код, и код API-функций

перед их вызовом. Перехват и обработка чтения счётчика реального времени процессора были реализованы для сокрытия обнаружения отладки по замедлению выполнения кода.



Рис. Предложенная архитектура ядра для построения распаковщиков

В анализе приняли участие несколько популярных упаковщиков и защит (табл. 2). Результаты анализа подтверждают правильность выбора архитектуры отладочного ядра: ни один антиотладочный приём, применяемый в рассмотренных защитах, не обнаружил отладку.

Таблица 2

#### Тестирование результирующей системы

Наименование	teLock	peSpin	AsProtect	Themida	Armadillo	Obsidium	PcGuard
OllyDbg	–	–	–	–	–	–	–
IdaPro	–	–	–	–	–	–	–
WinDBG	–	–	–	–	–	–	–
TitanEngine	–	+	–	–	–	–	+
Разрабатываемое ядро	+	+	+	+	+	+	+

Полученные результаты подтвердили правильность выбранного подхода. Ни одна из рассматриваемых защитных систем не смогла обнаружить отладку с помощью разработанного ядра.

#### Заключение

Результатом данной работы стала база для построения автоматизированных распаковщиков, включающая в себя отладочное ядро, постро-

енное на технологии труднообнаружимой отладки, механизмы восстановления директорий импорта, перемещаемых элементов и ресурсов для восстановления служебных структур файла после снятия дампа с защищённого приложения.

В будущем планируется реализовать следующее: механизмы снятия дампа памяти без использования средств *Windows*, которые могут быть модифицированы защитой для борьбы с распаковкой; перенос ядра отладки из режима ядра в аппаратно поддерживаемую виртуальную машину, которые поддерживают современные процессоры от *Intel* и *AMD*; на основе реализованного ядра построить распаковщик для системы автоматической защиты *Armadillo*, использующей множество уникальных технологий борьбы с распаковкой и отладкой в частности.

### Библиографический список

1. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part one. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – December 2008. – P. 4. – URL: <http://www.virusbtn.com/pdf/magazine/2008/200812.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
2. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part two. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – February 2009. – P. 4. – URL: <http://pferrie.tripod.com/papers/unpackers.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
3. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part three. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – February 2009. – P. 4. – URL: <http://www.virusbtn.com/pdf/magazine/2009/200902.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
4. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part five. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – April 2009. – P. 4. – URL: <http://www.virusbtn.com/pdf/magazine/2009/200904.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
5. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part six. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – May 2009. – P. 4. – URL: <http://www.virusbtn.com/pdf/magazine/2009/200905.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
6. Ferrie P. Anti-unpacker tricks – part eight. [Электронный ресурс] // Virus Bulletin. – May 2010. – P. 4. – URL: <http://www.virusbtn.com/pdf/magazine/2010/201005.pdf> (дата обращения: 18.06.2012).
7. Prisoner B. TLS изнутри [Электронный ресурс] – URL: <https://www.wasm.ru/article.php?article=tls> [Проверено: 18.06.2012].
8. Гумеров М. Загрузчик PE-файлов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rsdn.ru/article/baseserv/peloader.xml> (дата обращения: 18.06.2012).

# ДОБАВЛЕНИЕ 12-ГО БАЗОВОГО ЦВЕТА В МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИМЕНОВАНИЯ ЦВЕТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Студент гр. АТ-11м Г.С. Кузнецов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *М.В. Кавалеров*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Компьютерное зрение – технология, позволяющая создать устройства, которые могут производить обнаружение, выделение, распознавание объектов, а также реализовать слежение за ними. Компьютерное зрение относится к технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений и обрабатывают ее. Примерами применения таких систем могут быть: системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства); системы видеонаблюдения; системы организации информации (например, системы индексации баз данных изображений); системы человеко-машинного взаимодействия; системы дополненной реальности. Одной из важных проблем в этой области является так называемое цветовое имя, то есть проблема именования цвета. Количество базовых цветов в различных культурах и соответствующих языках отличается. В английском языке имеется 11 базовых цветов: белый, черный, красный, зеленый, желтый, синий, коричневый, фиолетовый, розовый, оранжевый и серый [1, 2]. В русском языке к данным базовым цветам добавляется голубой цвет. В компьютерном зрении каждый цвет задается не названием, а числовыми параметрами. Решается задача построения математической модели, которая будет определять по численным параметрам, название цвета предмета и наоборот. Подобные математические модели важны для таких задач, как сортировка предметов по заданному цвету, поиск изображений заданного цвета в базе данных, поиск и слежение за объектами заданного цвета, определение цвета заданного объекта и т.п.

**Постановка задачи.** В данной работе используются результаты, ранее представленные в работе [3]. Основная суть алгоритма осталась прежней. Но теперь надо решить задачу добавления голубого цвета к 11 базовым цветам, используемым в модели из работы [3]. Дело в том, что эта модель была разработана для базовых цветов английского языка (см. исходную работу [2]), но в русском языке к базовым цветам также относят голубой цвет, поэтому требуется адаптировать указанную модель к русскому языку.

**Решение задачи.** В модели, использующей нечеткие множества, описанной в предыдущей статье [3], а также в работе [2], отсутствует голубой цвет. Восприятие цвета индивидуально для каждого человека, поэтому нельзя полагаться на восприятие одного человека. Поэтому для решения задачи добавления голубого цвета в указанную модель был проведен опрос пяти респондентов. В дальнейшем предполагается увеличение числа респондентов.

Для того чтобы определить область, соответствующую голубому цвету, каждому респонденту были предъявлены шесть хроматических срезов при заданной светлости  $L$ , полученных в цветовом пространстве Lab.

Перед каждым респондентом была поставлена задача – определить на каждом срезе зону, в которой цвет он считает голубым. Зона должна выделяться в виде сектора от центра среза, что соответствует особенностям функций принадлежности модели из работ [2, 3]. При этом в дальнейшем такой сектор кодируется двумя углами от вертикальной оси среза. Результаты опроса респондентов приведены на рис. 1–5.

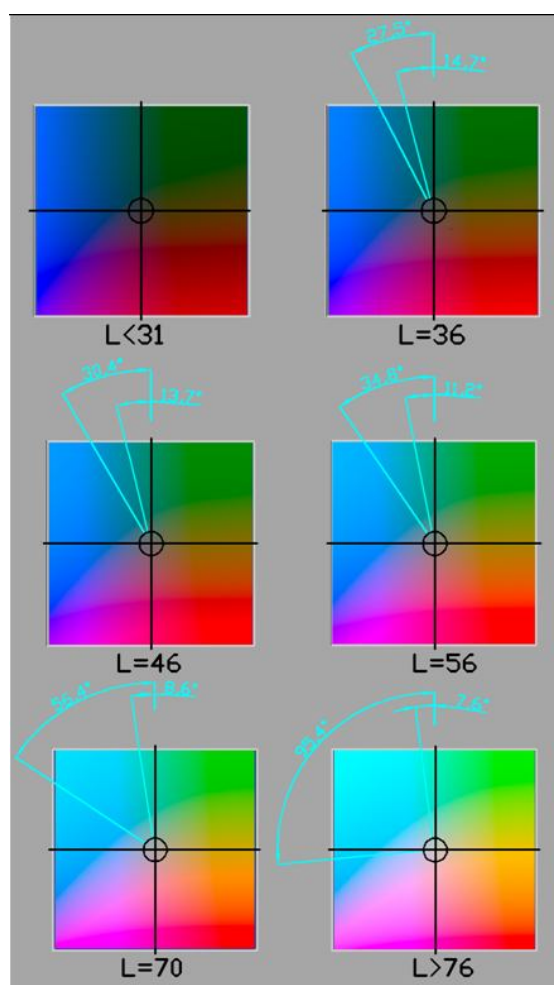


Рис. 1. Данные респондента № 1

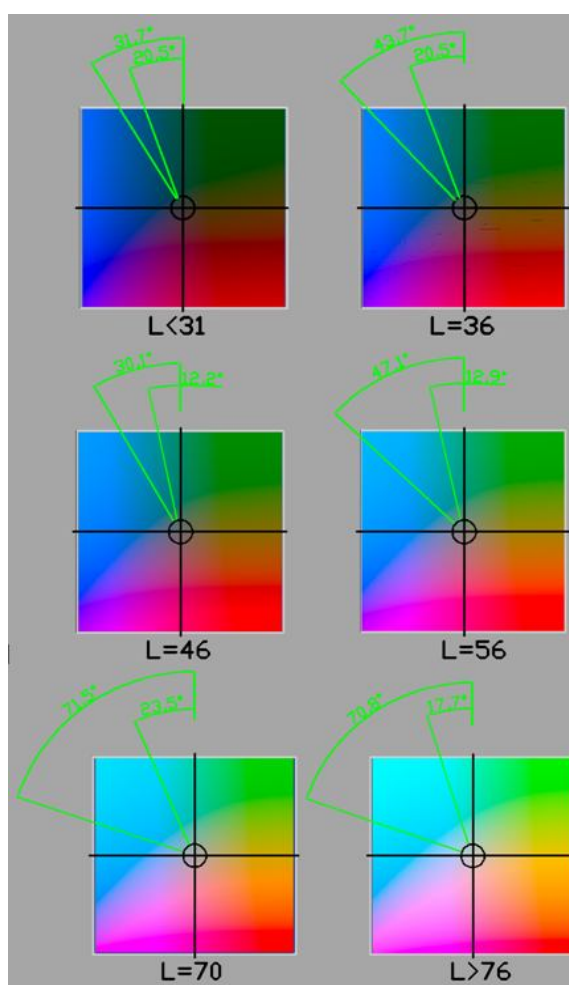


Рис. 2. Данные респондента № 2

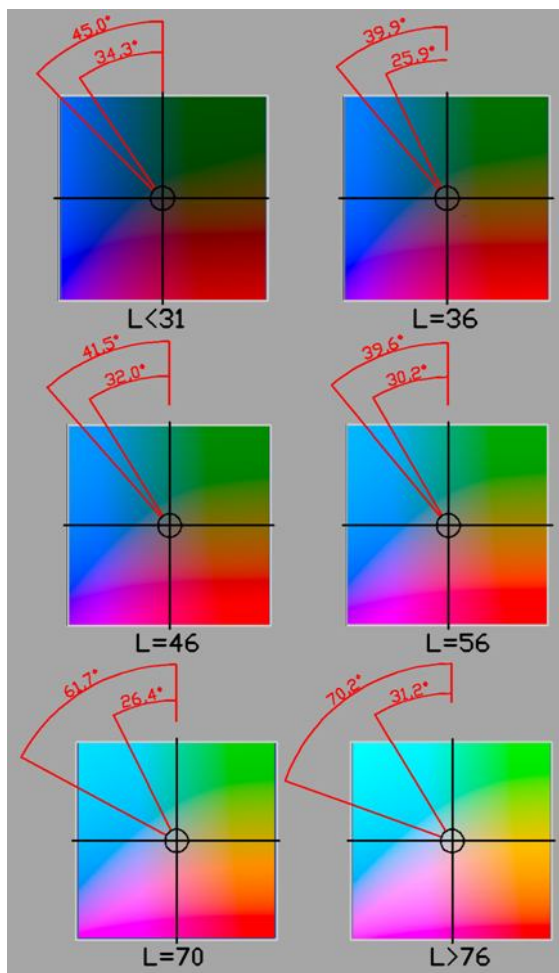


Рис. 3. Данные респондента № 3

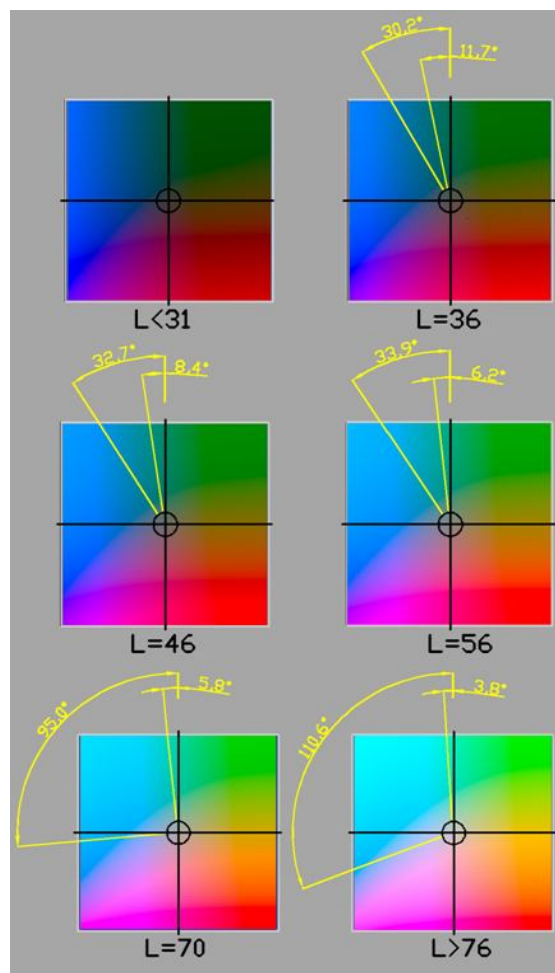


Рис. 4. Данные респондента № 4

Также были определены усредненные сектора для каждого среза (рис. 6).

Значения углов каждого выделенного сектора от каждого респондента, а также усредненные значения этих углов сведены в табл. 1.

Как видно из рис. 6, в усредненном варианте при значении светлости, равной 31 (и меньше), считается, что голубой цвет отсутствует, так как большинство респондентов указало на его отсутствие.

С увеличением светлости зона голубого увеличивается, следовательно, уменьшается зона синего и зеленого цвета.

Как видно из таблицы, значения углов, определенных каждым из респондентов, существенно отличаются друг от друга. Для получения детальных статистических характеристик в дальнейшем потребуется опрос большего числа респондентов.

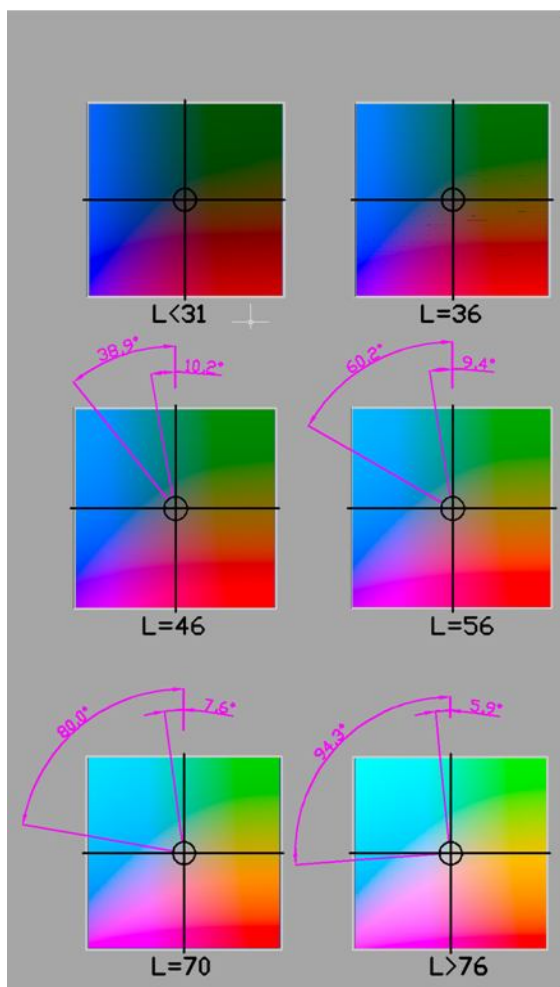


Рис. 5. Данные респондента № 5

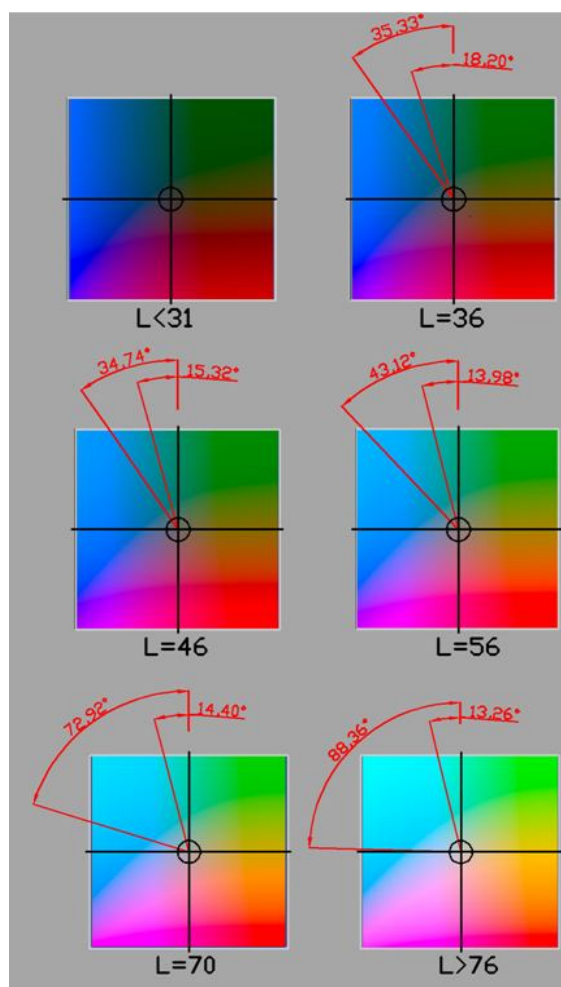


Рис. 6. Усредненные значения

Значения углов, определенных респондентами, и средних значений углов секторов голубого цвета для разных хроматических срезов

Светлость		№ респондента					Усредненные значения
		1	2	3	4	5	
L = 31	1-й угол	–	20,5	34,3	–	–	–
	2-й угол	–	31,7	45	–	–	–
L = 36	1-й угол	14,7	20,5	25,9	11,7	–	18,2
	2-й угол	27,5	43,7	39,9	30,2	–	35,33
L = 46	1-й угол	13,7	12,2	32,0	8,4	10,2	15,32
	2-й угол	30,4	30,1	41,5	32,7	38,9	34,74
L = 56	1-й угол	11,2	12,9	30,2	6,2	9,4	13,98
	2-й угол	34,8	47,1	39,6	33,9	60,2	43,12
L = 70	1-й угол	8,6	23,5	26,4	5,8	7,6	14,4
	2-й угол	56,4	71,5	61,7	95	80	72,92
L = 76	1-й угол	7,6	17,7	31,2	3,8	5,9	13,26
	2-й угол	95,9	70,8	70,2	110,6	94,3	88,36

На рис. 6 показана граница голубого цвета, то есть если пиксель с заданными параметрами  $L$ ,  $a$ ,  $b$  попадает в эту зону, то цвет считается



голубым. Соответственно, по сравнению с моделью, использованной в работе [3], где не было голубого цвета, сокращаются области соседних к нему цветов (синего и зеленого).

Тем самым к первоначальной модели на основе 11 базовых цветов был добавлен 12-й базовый цвет (голубой).

**Заключение.** В результате данной работы была модернизирована модель автоматического именованя цветов на основе добавления голубого цвета (12-го базового цвета). Эта модернизированная модель была реализована программно с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV [4].

Результат опроса людей о зоне голубого цвета на хроматическом срезе показал, что восприятие цвета каждым человеком существенно различается, то есть индивидуально. Из чего можно сделать вывод о необходимости проведения опроса большего количества респондентов, что позволит более точно определить усредненную зону голубого цвета, а также соответствующую функцию принадлежности в рассматриваемой модели. В ходе будущих работ предполагается провести опросы по большему числу срезов по параметру светлости, а также планируются опросы не только о зоне голубого цвета, но и по остальным базовым цветам. Все вместе это должно позволить построить более точную модель для автоматического именованя цвета.

### **Библиографический список**

1. Mojsilović A. A computational model for color naming and describing color composition of images // IEEE Transactions on Image Processing. – 2005. – Vol. 14. – P. 690–699.
2. Benavente R., Vanrell M., Baldrich R. Parametric fuzzy sets for automatic color naming // Journal of the Optical Society of America A. – 2008. – Vol. 25. – P. 2582–2593.
3. Реализация автоматического именованя цвета на основе нечетких множеств с помощью библиотеки OpenCV [Электронный ресурс] // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. InnoTech 2011: материалы III Междунар. интернет-конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – URL: [http://www.conference.msa.pstu.ru/arhiv/skachat-sbornik-innotech-2011/at\\_download/file](http://www.conference.msa.pstu.ru/arhiv/skachat-sbornik-innotech-2011/at_download/file) (дата обращения: 10.12.2012).
4. OpenCV v2.4.3 documentation [Электронный ресурс]. – URL: <http://opencv.itseez.com> (дата обращения: 10.12.2012).

# ПРИМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Студент гр.АТ-12м А.Р. Набиюллин

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *М.В. Кавалеров*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Использование изотропных антенн не всегда является самым результативным способом увеличения дальности работы беспроводного канала данных. В данной статье показана возможность использования некоторых вариантов направленных антенн для увеличения дальности действия беспроводного канала передачи данных мобильного робота. Поскольку в данном случае стоит задача минимизации размеров робота, требуется выбрать вариант конструкции антенны с минимальными габаритами. При этом в качестве беспроводного соединения используется технология *Wi-Fi* [1].

В ходе работы над проектом была проведена серия испытаний по использованию направленных антенн разных типов для увеличения «рабочей» дистанции между удаленными компьютерами.

На рис.1 представлена спиральная направленная антенна [2]. Моделирование антенны было произведено в программе *HelixCalc* [3]. Антенна моделировалась для работы на частоте 2425 МГц. Труба-основа для спирали – водопроводная труба диаметром 3,2 см и длиной 18,4 см 7 полными витками медной проволоки диаметром 1,5 мм. Рефлектор для антенны должен иметь диаметр не меньше 12,37 см (результат работы программы представлен на рис. 2).



Рис. 1. Направленная спиральная антенна



Рис. 2. Программа *HelixCalc* с результатом моделирования спиральной антенны

Испытание антенны производилось в различных условиях: без антенны, с изотропной антенной и направленной спиральной антенной.

Первое испытание заключалось в измерении уровня сигнала, проходящего через 5 бетонных стен квартиры. Без антенны уровень упал ниже  $-95$  дБ и пропал. Изотропная антенна показала результат в  $-75$  дБ. Направленная спиральная антенна дала уровень сигнала  $-85$ – $-95$  дБ.

Второе испытание заключалось в измерении максимального расстояния до полного исчезновения сигнала с работа. Без антенны уровень сигнала упал ниже  $-95$  дБ и пропал на расстоянии, примерно равном 65 м. С использованием базовой изотропной антенны был получен результат примерно в 250 м. Спиральная антенна дала результат примерно в 300 м.

Третье испытание заключалось в измерении уровня сигнала при фиксированном расстоянии между источником и приемником. Расстояние между источником и приемником 25 м. Вариант использования работа без антенны не рассматривался, и эксперименты проводились только со спиральной антенной и изотропной (базовой антенной). Изотропная антенна показала результаты уровня сигнала в  $-55$  дБ (рис. 3), спиральная антенна дала результат в  $-38$  дБ (рис. 4).

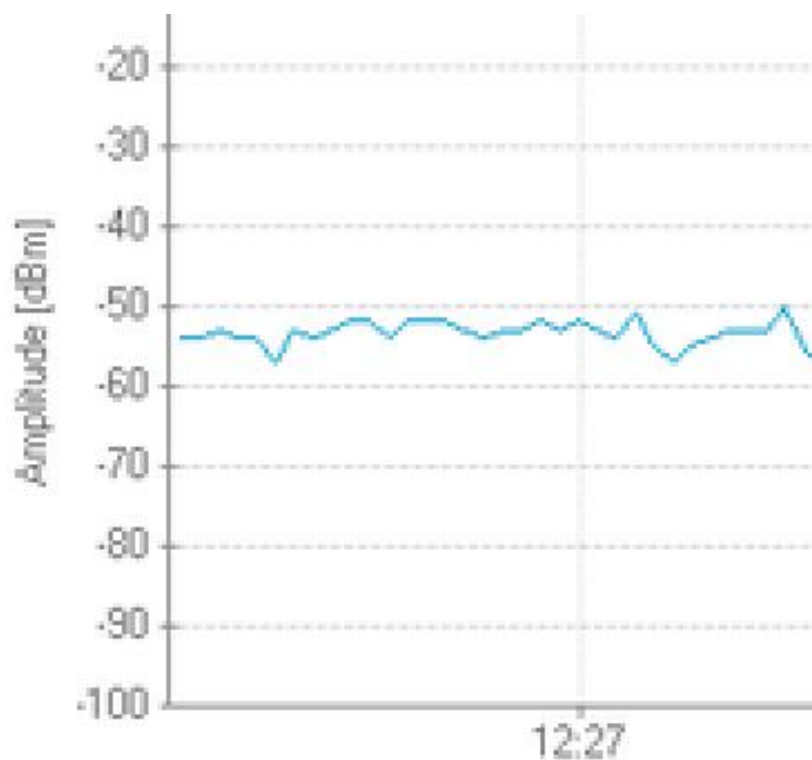


Рис. 3. Уровень сигнала, полученный при работе с изотропной антенной

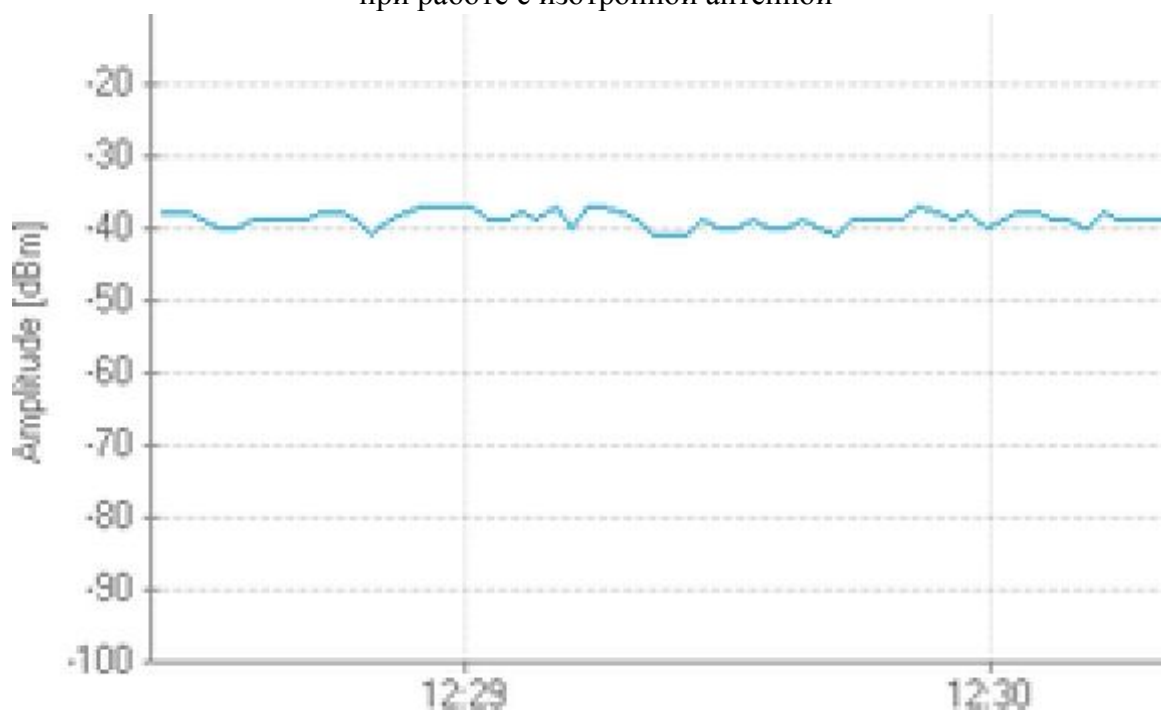


Рис. 4. Уровень сигнала, полученный при работе с направленной спиральной антенной

Кроме того, можно сделать вывод о том, что потери на кабеле составляют от 5 до 10 дБ.

Для обеспечения большего расстояния работы необходимо использовать направленную спиральную антенну с точной установкой

центра спирали на приемник. Также стоит отметить большие габариты антенны, приведенные выше. И необходимо решать проблемы потери сигнала на кабеле.

В качестве следующего эксперимента была создана четвертьволновая антенна с цилиндрическим волноводом [4], представленная на рис. 5.



Рис. 5. Четвертьволновая антенна с цилиндрическим волноводом

Уменьшение до четверти длины волны позволило сильно уменьшить габариты антенны (размеры  $3 \times 3,5$  см). Для данной антенны были проведены испытания. Расстояние между источником и приемником увеличено до 42 м.

Уровень сигнала на базовой антенне был около  $-60$  дБ, на спиральной антенне составлял около  $-45$  дБ, на четвертьволновой антенне был около  $-75$  дБ, без антенны был около  $-80$  дБ.

Как показывают результаты испытаний, применение антенны дает результат на 5 дБ лучше, чем использование робота без антенны. Поэтому можно признать данный вариант направленной антенны неэффективным.

В целом же можно сделать вывод о том, что использование направленных антенн позволяет увеличить дальность работы системы. Однако большое значение в такой системе имеет точность установки антенн

друг относительно друга, так как спецификой использования направленных антенн является наличие узкого коллиматора, в котором фокусируется сигнал. Также встает проблема с размерами рефлектора и активного вибратора. Чем больше рефлектор, тем лучше прием сигнала, и чем больше активный вибратор, тем лучше передача сигнала, что напрямую влияет на угол коллиматора. Таким образом, возникает задача, связанная с выбором необходимого угла коллиматора антенны при сохранении требуемых габаритов направленной антенны. Дополнительно появляется необходимость разработки механизма автоматической наводки антенны на источник сигнала таким образом, чтобы уровень сигнала приема был максимальным. Из-за этого появляется дополнительная аппаратная нагрузка на платформу мобильного робота, требующая сохранения минимальных размеров робота.

### **Библиографический список**

1. Патокин А.А., Кавалеров М.В. Реализация удаленного управления мобильным роботом на основе визуальной информации, передаваемой с помощью технологии wi-fi // Автоматизированные системы управления и информационные технологии – 2012: материалы краевой науч.-техн. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012.

2. Helix antenna. Спиральная антенна [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lan23.ru/wifi/helixOLD/helix.html> (дата обращения: 14.12.2012).

3. Сделать Helix своими руками. Антенны 2.4GHz [Электронный ресурс]. – URL: <http://local.com.ua/wi-fi/antenna2/go/3> (дата обращения: 14.12.2012).

4. Антенна с цилиндрическим волноводом [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wifiantenna.org.ua/antennas/cantenna> (дата обращения: 14.12.2012).

## РОБОТ ДЛЯ ПРИСМОТРА ЗА ДОМОМ. МОДЕРНИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

**Студент гр. АТ-12м А.Р. Набиюллин**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *М.В. Кавалеров*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Предполагается создание робота для присмотра за домом на основе удаленного наблюдения и воздействия на объекты. Данное устройство предназначается для широкого круга покупателей. Для пояснения принципа работы необходимо привести следующие примеры. Пользователь уходит утром на работу и через некоторое время вспоминает, что забыл выключить утюг. Мобильный робот находится дома в зарядной станции. Пользователь посылает ему со смартфона вопрос: «Утюг выключен?». Робот подъезжает к розетке, где установлен утюг, пишет сообщение в twitter о том, что все в порядке, прикрепляя фотографию розетки. Также возможен вариант удаленного управления роботом, то есть пользователь подключается к нему и в режиме телеприсутствия проверяет, все ли в порядке. В случае необходимого вмешательства пользователь может использовать манипулятор, установленный на роботе. Используя изображение, получаемое с камеры робота, пользователь также может удаленно поиграть со своим питомцем при помощи манипулятора. Связь с роботом может осуществляться путем текстовых сообщений, например, с помощью сервиса twitter. Стоит отметить, что вся дорогостоящая часть оборудования, занимающаяся вычислениями, может находиться отдельно от робота, это позволит снизить его себестоимость. Таким образом, возможен вариант создания более дешевой версии робота, где все вычислительные функции будет выполнять стационарный компьютер, а также более дорогой версии, при которой основной вычислитель устанавливается на борту робота. В ходе развития проекта могут быть добавлены такие функции, как кормление питомца и уборка помещения.

Текущий прототип робота представляет собой платформу, оснащенную дифференциальным приводом, на которую установлен манипулятор с двумя степенями свободы [1]. Манипулятор перемещает видеокамеру, которая является источником данных для системы компьютерного зрения робота. В качестве вычислительного устройства используется маршрутизатор, также обеспечивающий связь со стационарным компьютером, на котором осуществляются удаленная обработка видеоинформации.

мации и выработка управляющих команд. Такая архитектура позволяет удешевить конструкцию робота. При этом возможен и более дорогой вариант комплектации, основанный на том, что робот имеет на борту мощный компьютер и модем, позволяющий поддерживать связь с Интернетом через беспроводное высокоскоростное подключение. Кроме того, предполагается использование различных вариантов механических платформ. При использовании робота в квартире без лестниц и порогов возможен вариант использования дифференциальной платформы, показанной на рис. 1. Данная платформа – самая простая в изготовлении, так как при её создании использовались только те материалы, которые доступны в любом строительном магазине. Главный недостаток данной платформы заключается в размерах. Ширина составляет 31 см, длина – 25 см и высота – 23 см.

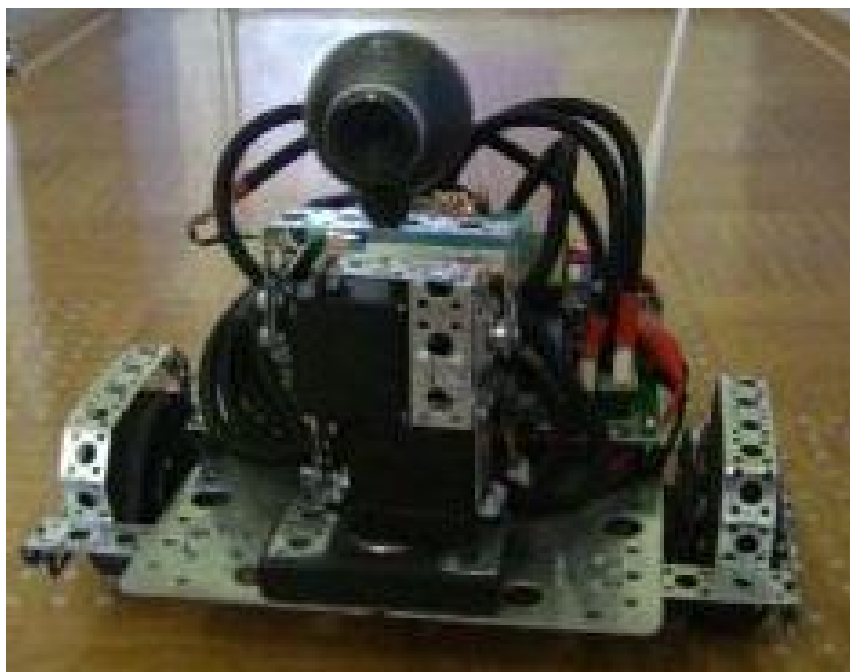


Рис. 1. Платформа с дифференциальным приводом

Так как планируется использовать робота в домашних условиях, то это устанавливает определенные ограничения на размер робота. Чем меньше размеры платформы, тем она более маневренна в условиях применения робота в квартире. Поэтому была проведена модернизация платформы. Удалось уменьшить размеры платформы, при этом сохранив аппаратную часть, подвергнув её перекомпоновке. Результат работы показан на рис. 2.

Модернизация позволила уменьшить размеры платформы до 15 см в ширину и 22 см в длину, однако при этом высота робота составила 31 см. Во время модернизации также была произведена смена расположения



дифференциальных колес и колеса свободного вращения. Данное изменение было внесено для последующей модернизации мобильной платформы путем добавления пары гибридных конечностей, показанных на рис. 3. Данные гибридные конечности подобны конечностям, используемым для движения робота RHex [2], поэтому данная модернизация позволяет увеличить проходимость робота.

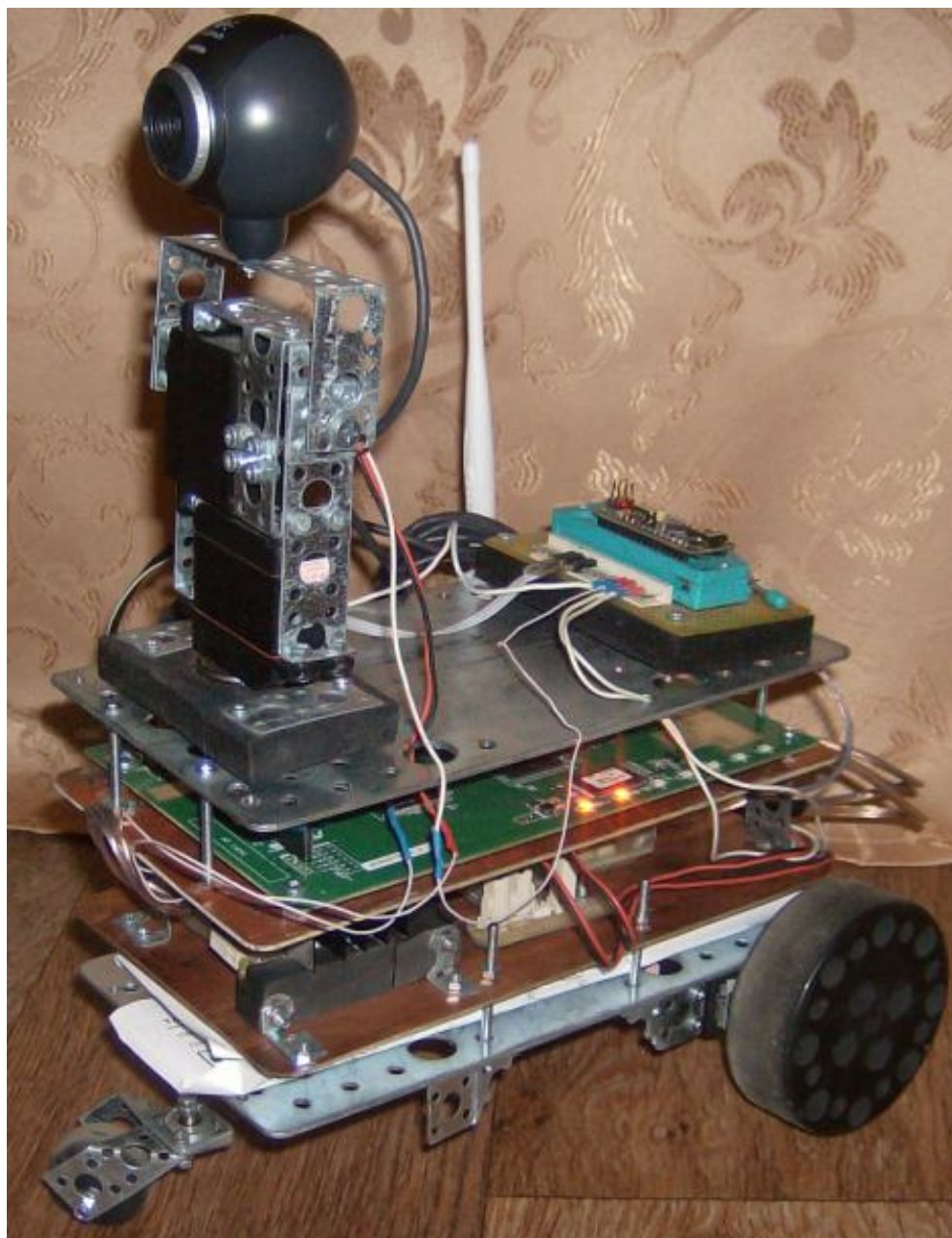


Рис. 2. Модернизированная платформа с дифференциальным приводом

Таким образом, при наличии небольших порогов и подъемов в квартире возможно расширение функций дифференциальной платформы путем добавления гибридных конечностей для облегчения преодоления препятствий.

Для максимальной проходимости возможен вариант использования гусеничной платформы, показанной на рис. 4, которая кроме прочего позволяет перемещаться по ступеням между этажами, а также дает возможность использовать робота за пределами квартиры. Гусеничное шасси позволяет роботу уверенно двигаться по пересеченной местности [3].



Рис. 3. Мобильная платформа с гибридным дифференциальным приводом



Рис. 4. Гусеница для мобильной платформы

Опорные катки гусеницы оснащены велосипедными амортизаторами, что позволяет при движении гасить мелкие вибрации. Гусеница изготовлена из легкодоступных материалов.

Также в активной разработке находится вариант создания компактной мобильной платформы, где в качестве трака предполагается использование обычной велосипедной цепи (рис. 5).

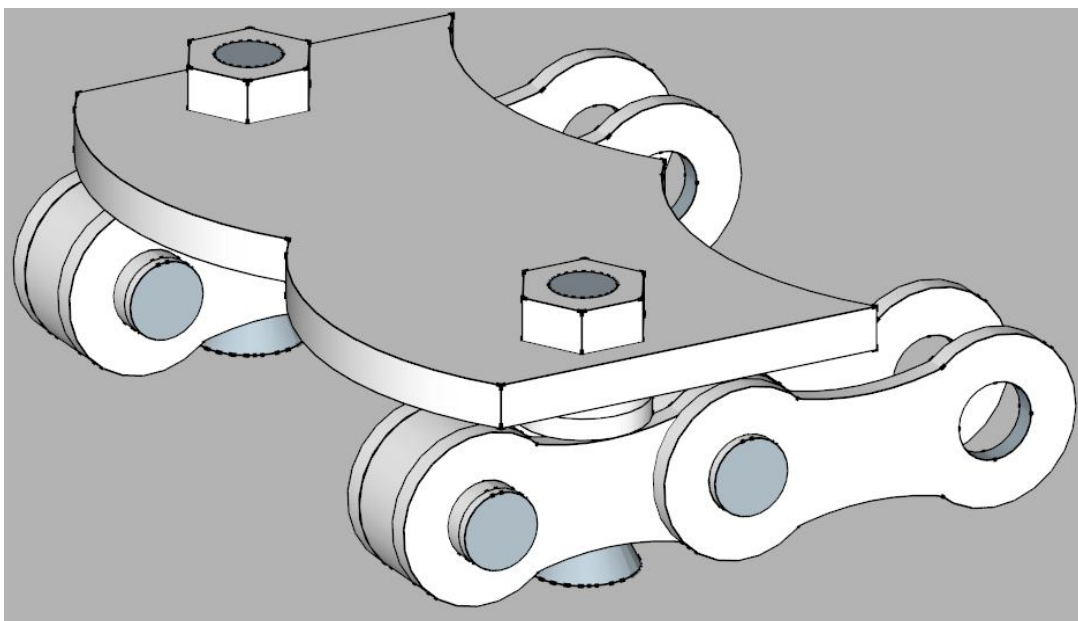


Рис. 5. Проектируемый трак компактной гусеничной платформы на основе велосипедной цепи

Таким образом, на данном этапе разрабатываются и испытываются различные варианты мобильной платформы робота для присмотра за домом. В зависимости от предполагаемых условий функционирования робота может быть выбран тот или иной вариант мобильной платформы.

### **Библиографический список**

1. Набиюллин А.Р., Кавалеров М.В. Разработка мобильного робота для удаленного наблюдения за объектом с помощью компьютерного зрения // Автоматизированные системы управления и информационные технологии – 2012: материалы краевой науч.-техн. конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012.
2. Saranlı U., Rizzi A. A., Koditschek D. E. Model-based dynamic self-righting maneuvers for a hexapedal robot // The International Journal of Robotics Research. – 2004. – Vol. 23. – No 9. – P. 903–918.
3. Юревич К. И, Основы робототехники: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

## КОНФИГУРАТОР *JECONFIG*

Студент гр. АСУ-11м А.А. Темичев

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Научный руководитель – *Брайан Максимилиан*  
компания *Envidatec*, Германия

В статье рассматривается методика конфигурирования системы мониторинга данных в системе *My-JEVis* [1] компании *Envidatec* (Германия) с использованием специального программного средства администрирования системы *My-JEVis JEConfig*.

*JEConfig* [2] помогает пользователю настраивать, редактировать, создавать новые узлы в реестре, отражающие реальные объекты, будь то здания, данные, физические устройства. Кроме того, *JEConfig* также осуществляет:

- создание вычислений в *Octava*;
- экспорт всего «Реестра» или «Определения» в виде файла CSV;
- добавление и редактирование пользователей и групп;
- управление правами доступа.

Рассмотрим настройку параметров системы мониторинга энергетического оборудования *My-JEVis* на примере создания узла данных и подключения устройства удаленной телеметрии энергетического оборудования VIDA350 [3].

Создадим новый узел *Haus A*, а в нем узел *Equipment* как показано на рис. 1.

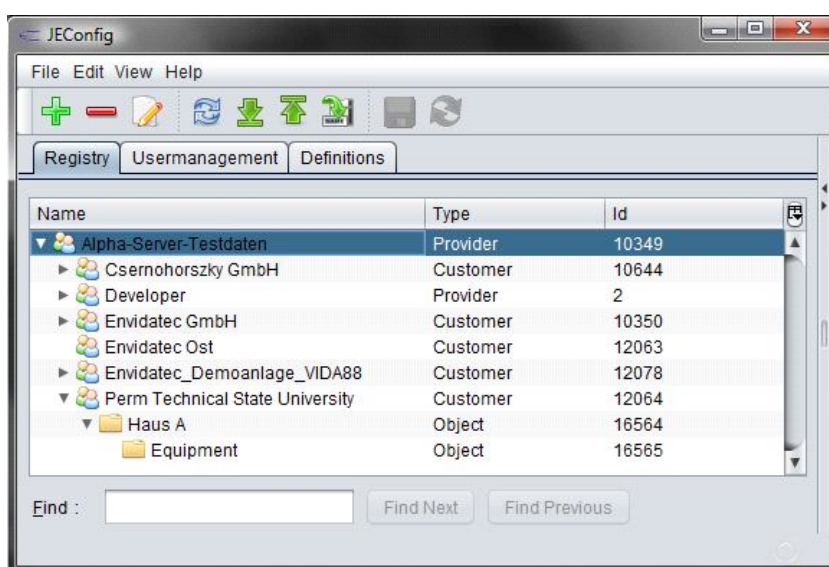


Рис. 1. Узел «Haus A» в реестре узлов

В узле Equipment создадим узел VIDA350 типа «VIDA350» и установим значения свойств [4] узла VIDA350, как показано на рис. 2.

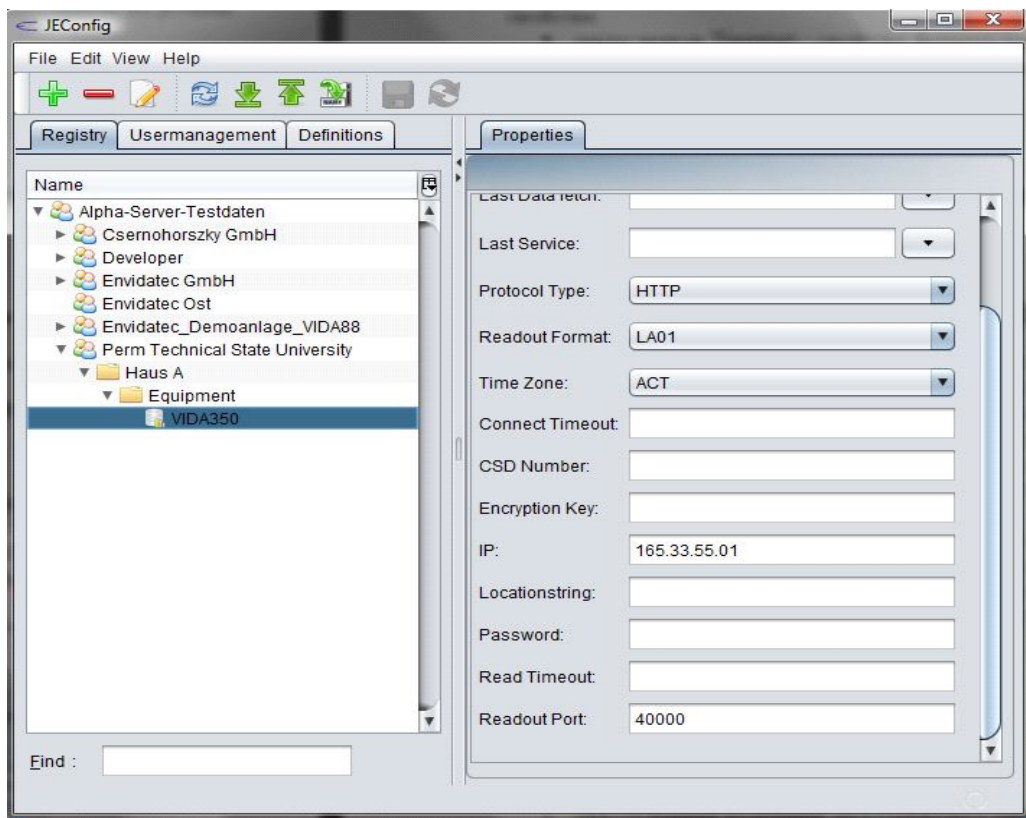


Рис. 2. Свойства узла «VIDA350» в реестре узлов

Создадим в узле VIDA350 дочерний узел с именем Query типа «Query» и установим значения свойств узла как показано на рис. 3.

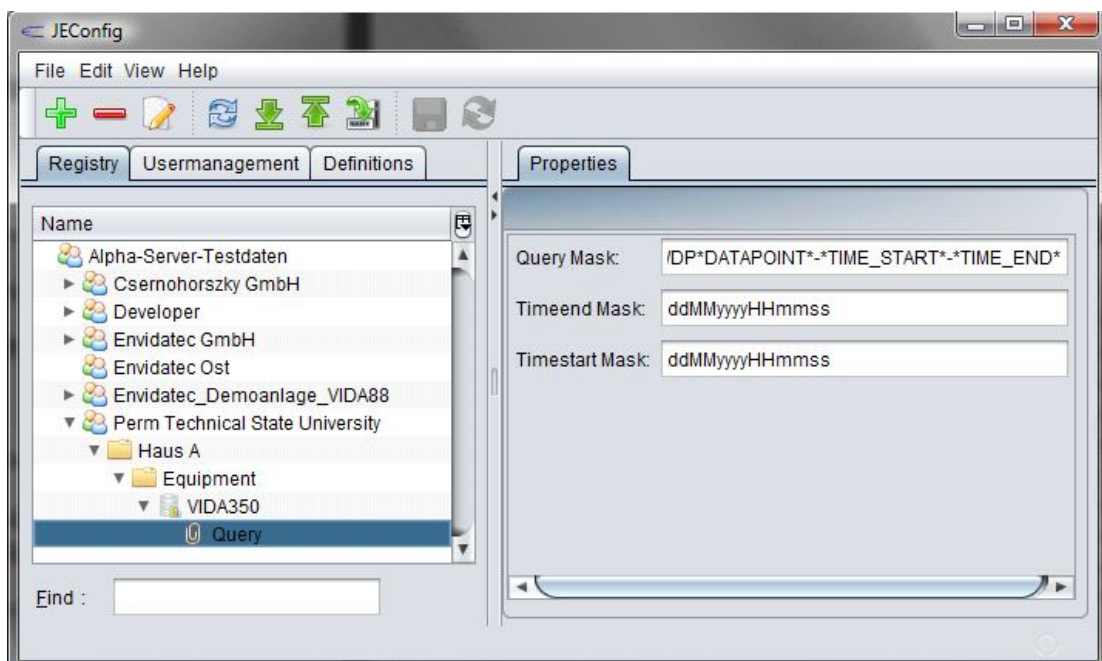


Рис. 3. Свойства узла «Query» в реестре узлов

Далее создадим в узле VIDA350 дочерний узел с именем Datarpoint 9 типа «Datarpoint» и установим значение свойства DSEQ Link, равным ID узла VIDA350, как показано на рис. 4.

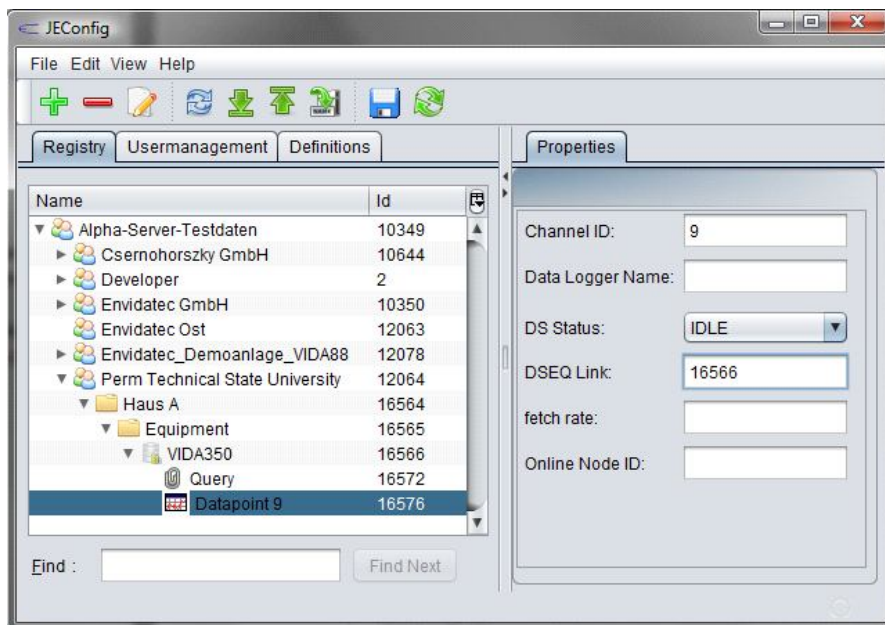


Рис. 4. Свойства узла «Datarpoint 9» в реестре узлов

В узле Haus A создадим узел с именем Data. Далее в узле Data создадим узел с именем Energy Consumption, а в нем создадим узел с именем Samples типа «Online» и установим его свойства. Значение свойства Datarpoint ID установим равным ID узла «Datarpoint 9», как показано на рис. 5.

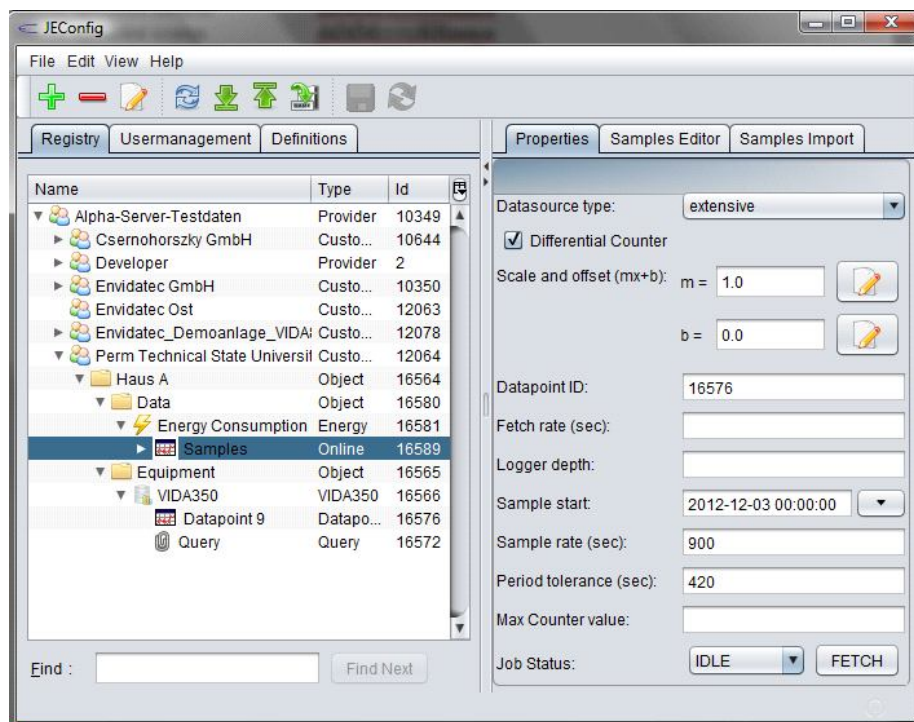


Рис. 5. Свойства узла «Samples» в реестре узлов

Конфигурирование закончено, система может принимать данные от устройства типа «VIDA350»

Приведено описание программного средства *JESconfig* для конфигурирования параметров системы *My-JEVis*. Рассмотрен пример создания узлов реестра, необходимых для получения и обработки данных, а также подключения ПЛК VIDA350 в систему *My-JEVis*.

### Библиографический список

1. Франк Т. Практика энергетического менеджмента // Энергосбережение. – 2006. – № 3. – С. 32–35.
2. Документация компании «ENVIDATEC» GmbH [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.envidatec.com>
3. Развитие сетевой инфраструктуры системы энергоменеджмента My-JEVis в российских условиях / А.А. Темичев, Т. Франк, А.В. Кычкин, Е.И. Андреев // Наука сегодня: теоретические аспекты и практика применения: сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практ. конф. – Тамбов, 2011. – С. 128–129.
4. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник Перм. гос. техн. ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.

# РЕАЛИЗАЦИЯ САМОСИНХРОННОГО ПОДХОДА ПРИМИНИТЕЛЬНО К ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПОЛНОМУ ТОЛЕРАНТНОМУ ЭЛЕМЕНТУ

Студент гр. КЗИ-08 А.Н. Каменских

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор С.Ф. Тюрин  
Пермский научно исследовательский  
политехнический университет

Функционально-полный толерантный элемент (ФПТ-элемент) – это комбинационный элемент с избыточным базисом [1]. Назван так, потому что имеет свойство сохранять базис с точки зрения теоремы Поста при модели однократных константных отказов. Функционально-полный толерантный элемент для классической модели константных однократных отказов входов реализует функцию:  $\bar{x}_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_4$ . Данный элемент предлагается использовать при синтезе блоков ПЛИС для повышения их отказоустойчивости. В последнее время широкую поддержку получает асинхронный подход к созданию автоматов, асинхронная техника не использует внешний источник тактовой частоты, что существенно снижает энергопотребление, а в некоторых случаях позволяет увеличить быстродействие цифровых устройств [2]. Апериодический автомат – это согласованный автомат, у которого переходный процесс, вызванный изменением класса состояний входов, завершается изменением класса состояний выходов независимо от величин задержек элементов, из которых построен автомат [3]. Совмещая эти два подхода при создании комбинационных автоматов, мы сможем получить существенный выигрыш по быстродействию, энергопотреблению и отказоустойчивости. Для создания функционально-полного толерантного элемента в самосинхронном исполнении будет использоваться строгосамосинхронный подход. В строгосамосинхронных схемах применяется непосредственное определение момента окончания переходного процесса, способом построения таких схем является парафазное представление сигналов. Для передачи каждого бита информации используются две физические линии, что дает возможность, кроме двух логических состояний, отдельно передавать разделитель, позволяющий отделять передаваемые данные во времени и определять с его помощью момент окончания переходного процесса. (рис. 1.) При проектировании самосинхронных схем к синтезу комбинационной функции предъявляются дополнительные требования на монотонность и возможность индицирования на выходе окончания



всех переходных процессов внутри схемы [4]. Система *FORCAGE* создана для автоматизации проектирования самосинхронных схем, однако следует отметить, что данная система не претендует на полноту решения всех этапов автоматизированного проектирования. Этапы проверки корректности готовых схемных решений, идентификации и коррекции схем причислены к «восходящему» проектированию (подсистема *TRANAL*) [5]. Итак, целью работы будет создание самосинхронного элемента, реализующего функционально полный толерантный базис, для анализа данного элемента будет использована подсистема *TRANAL* САПР *Forcage*.

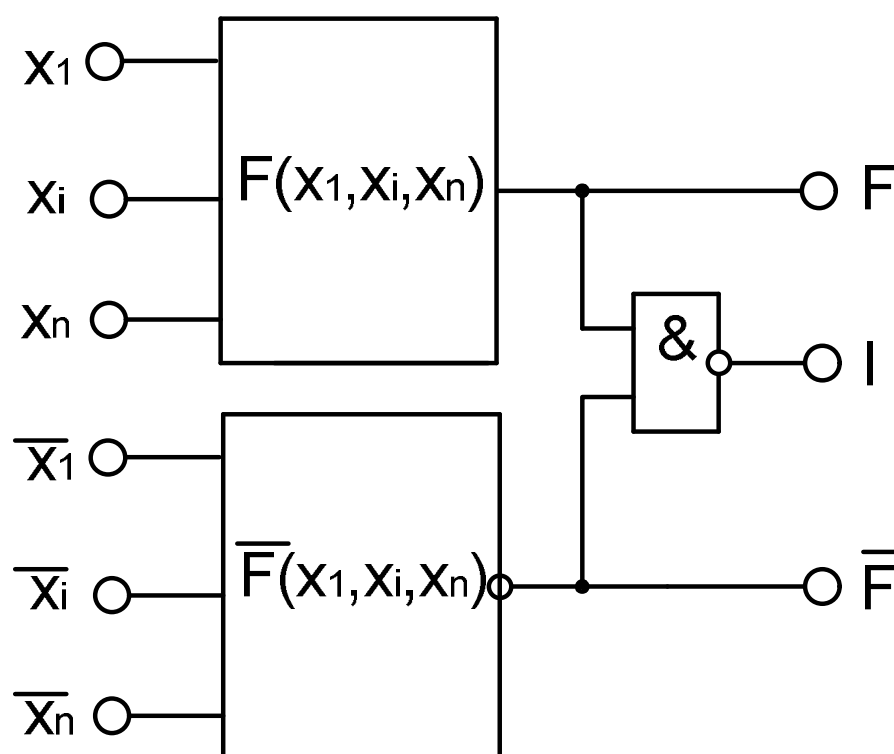


Рис. 1. Самосинхронный комбинационный автомат с индикацией только выходных сигналов

Подсистема *TRANAL* позволяет проводить анализ корректности (полумодулярности) схем. Анализ схемы на полумодулярность сводится к анализу ее рабочего множества – определению, не содержит ли оно конфликтных или тупиковых состояний [5].

Для этого исходную схему необходимо представить в виде модели Маллера. В модели Маллера переменная  $a_i$  возбуждена в некотором состоянии, если  $a_i$  не равно  $f_i(a_i)$ , и устойчива в противном случае. Из состояния  $\alpha$  модель может перейти в состояние  $\beta$ , которое отличается от  $\alpha$  значениями каких-либо переменных, т.е. наличие петель здесь невозможно.

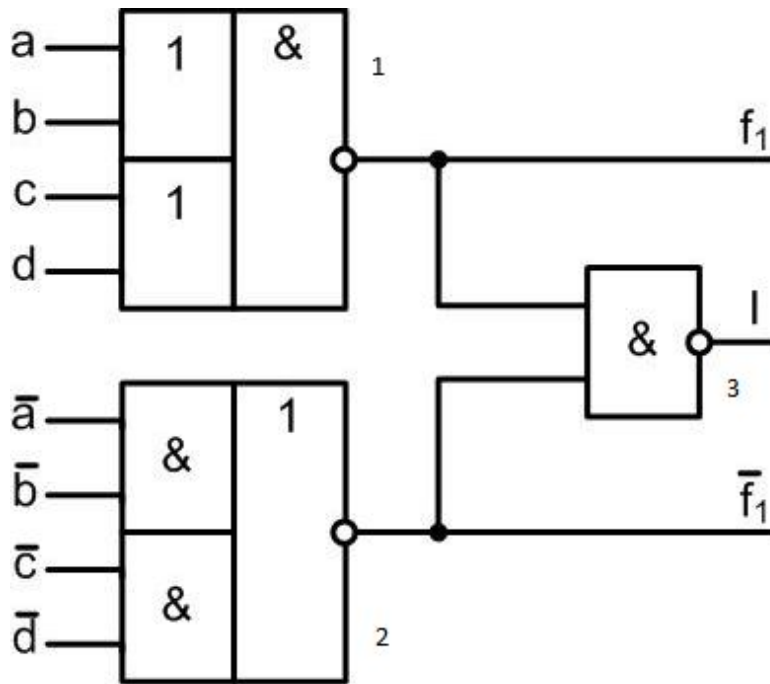


Рис. 2. Базовая модель парафазного функционально-полного толерантного элемента

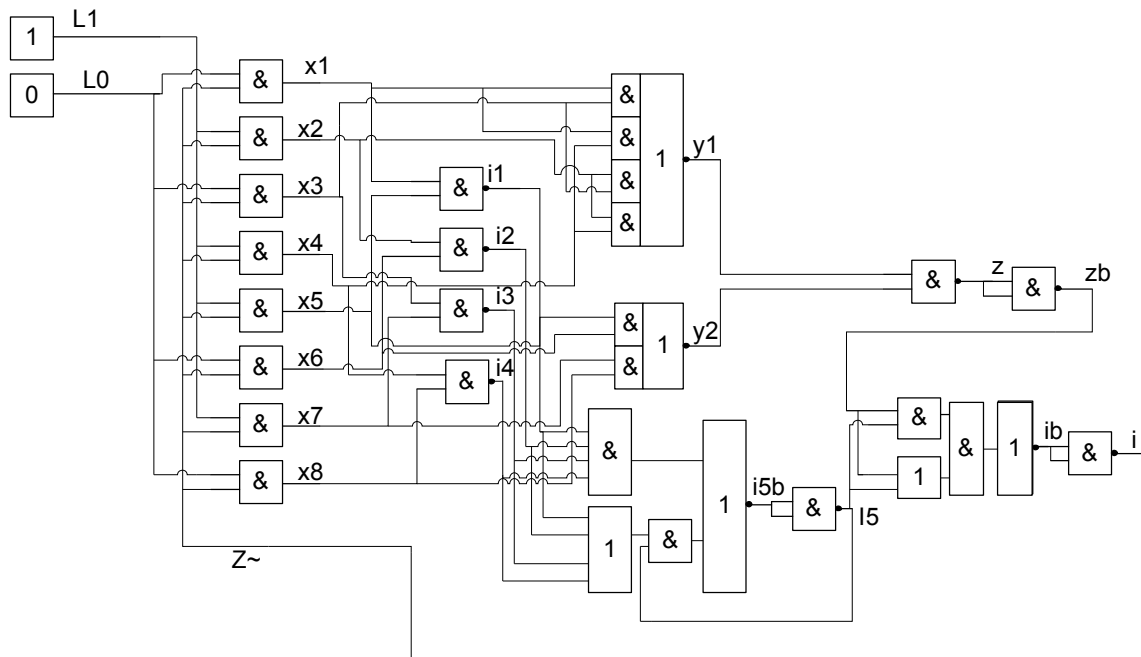


Рис. 3. Схема самосинхронного ФПТ-элемента

Один канал реализован на избыточном базисе  $\bar{x}_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_3\bar{x}_4$ , двойственный канал реализован на избыточном базисе  $(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2)(\bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)$ .

Парафазные переменные подаются через дополнительное устройство – формирователь спейсера, не указанные на рис. 2. Для того чтобы данный элемент стало возможно использовать при создании самосин-

хронных схем, необходимо добавить блок спейсера и блок индикации входов, в нашем случае блок спейсера будет реализован элементами «И». При подаче на вход спейсера внешнего сигнала логического нуля, на входы элементов 1, 2 будет подан нулевой набор гашения, выход элементов 1–2 установится на уровне логической единицы, что установит индикатор в значение логического нуля. Также необходимо заменить элементы входов ИЛИ, так как их состояние не определяется состоянием одной переменной, в результате мы получим следующую схему (рис. 3).

Для анализа необходимо задать схему самосинхронного ФПТ-элемента в соответствии с языком, используемым в САПР *Forcage*. Ниже приведены основные элементы языка, необходимые для задания схем.

Синтаксис языка САПР *Forcage*:

- = отделяет левую и правую части уравнения;
- ; разделяет уравнения;
- ^ инверсии (после названия сигнала или перед всем правая часть уравнения);
- \* конъюнкция;
- | дизъюнкция;
- \$ отделяет уравнений из начального состояния;
- (), чтобы ограничить скобки, часть, логическое выражение;
- \ \ разместить комментарий

```

\ssfpt-element\
L0 = 0; L1 = 1; \константы для задания переменных\
\ Входы - спейсер 0 \
X1=z~*L0; \z – это наш блок индикации, z~ – инверсный ему сигнал (спейсер)\
X2=z~*L1; \Если z=0, то элемент принимает следующее слово, если z=1, то подается набор гашения\
X3=z~*L0;X4=z~*L1;
X5=z~*L1;\x5-x8, это инверсные переменные, с учетом спейсера\
X6=z~*L0;X7=z~*L1;X8=z~*L0;
\ Индикатор входов \
I1 =^ X1 | X5;I2 =^ X2 | X6;I3 =^ X3 | X7;I4 =^ X4 | X8;
I5B =^ I1*I2*I3*I4 | I5(I1 | I2 | I3 | I4);
I5 =^ I5B;
\ Выходы - спейсер 1 \
Y1 =^ X1*X3 | X1*X4 | X2*X3 | X2*X4; \основной канал, ФПТ-элемент\
Y2 =^ X5*X6 | X7*X8; \инверсный ФПТ-элемент\

```

```

\ Индикатор выходов \
Z =^ Y1*Y2;
ZB =^ Z;
\ Общий индикатор \
IB =^ I5*ZB | I(I5 | ZB);
I =^ IB;
\ Сигнал управления \
z~ = I;
\начальное состояние 11_0, набор гашения\
$Y1*Y2*I1*I2*I3*I4*I5*ZB*I*Z^*z~^
→

```

После анализа *Forcage* выдаст ответ:

1. Если конфликтных состояний нет, и схема корректна (рис. 4.)  
 Число проанализированных состояний 698, уровней 44  
 Время анализа 0  
 The circuit parallelism degree (степень параллельности схемы) 5

```

Forcage.bat
Working
SSFPT.CIR      Line 1      Col 1      Byte 1      Insert      Indent
\ssfpt-elem
L0 = 0;
L1 = 1;
\ Тiюфj -
X1=z~*L0; \
X2=z~*L1; \
X3=z~*L0; \
X4=z~*L1; \
X5=z~*L1; \x
X6=z~*L0; \
X7=z~*L1; \
X8=z~*L0; \
\ LзфшърСю
I1 =^ X1 |
I2 =^ X2 |
I3 =^ X3 |
I4 =^ X4 |
I5B =^ I1*I
I5 =^ I5B;
\ Тjюфj -
Y1 =^ X1*X3
Y2 =^ X5*X6
Windows:1-Menu 2-Edit 3-Analysis 4-Tools 5-Set 6-Show 7-State Esc-To MENU

```

Рис. 4. Анализ схем подсистемой *TRANAL САПРа Forcage*

2. Если схема не корректна, то САПР после анализа выдаст номер конфликтного состояния и тип ошибки

Была проанализирована, с помощью подсистемы *TRANAL САПР Forcage*, на полумодулярность схема ФПТСС-элемента. Получен положительный ответ при заданных начальных условиях. В дальнейшем данный элемент планируется использовать при построении отказоустойчивой энергосберегающей цифровой аппаратуры. После проверки на полумодулярность необходимо провести моделирование элемента на известных САПР самосинхронной техники, например, с помощью САПР БИС

«Ковчег». Одной из задач внедрения самосинхронного подхода при синтезе цифровой аппаратуры является создание современного программного комплекса построения и анализа самосинхронных схем, в частности, перевод САПР *Forcage* на современную платформу, так как данный программный продукт не работает на 64-битных системах, а также плохо взаимодействует с современными операционными системами.

### Библиографический список

1. Тюрин С.Ф. Функционально-полные толерантные булевы функции // Наука и технология в России. – 1998. – № 4
2. Самосинхронная схемотехника: повышение энергоэффективности вычислений в микропроцессорных системах / А. Руткевич, А. Бумагин, А. Гондарь, В. Стешенко, Г. Шишкин, М. Тайлеб, М. Куляс // Электронные компоненты. – 2008. – № 12.
3. Аперидические автоматы / под ред В.И. Варшавского. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1974.
4. Самосинхронные схемы. Принципы построения и элементная база / А. Руткевич, А. Бумагин, А. Гондарь, В. Стешенко, Г. Шишкин, М. Тайлеб, М. Куляс // Электронные компоненты. – 2009. – № 9.
5. Система автоматизации проектирования самосинхронных схем FORCAGE: руководство пользователя. Версия 3.0 / ИПИ РАН; ТОО «ТРАССА». – М., 1994.
6. Тюрин С.Ф. Проблема сохранения функциональной полноты булевых функций при «отказах» аргументов // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 9. – С.176–186.
7. Tyurin S., Kharchenko V. Redundant Bases for Critical Systems and Infrastructures: General Approach and Variants of Implementation Proceedings of the 1st International Workshop on Critical Infrastructures Safety and Security, Kirovograd, Ukraine 11-13, May, 2011 / Kharchenko V., Tagarev V. (edits). – Kirovograd, 2011. – Vol. 2. – P. 300–307.
8. Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах / под ред. В.И. Варшавского. – М.: Наука, 1986. – 400 с.
9. Библиотека самосинхронных элементов для технологии БМК / Ю.А. Степченков, Ю.Г. Дьяченко, Ф.И. Гринфельд, Н.В. Морозов, Л.П. Плеханов, А.Н. Денисов, О.П. Филимоненко, Ю.П. Фомин // Проблемы разработки перспективных микроэлектронных систем – 2006: сб. науч. тр. / под общ. ред. А.Л. Стемповского; ИППМ РАН. – М., 2006. – С. 259–264.
10. Цыбин С. Программируемая коммутация ПЛИС: взгляд изнутри [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010\\_11\\_56.php](http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php)

**Секция 3**

**ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

# **ORGANIZATION OF REMOTE DATA COLLECTION WITH THE USE VIDA 44M VIA GSM/GPRS NETWORKS**

**Students of the specialty  
automation of industrial plants and technological complexes**

**Aleksander Erokhin, Sergei Neroslov**

Perm national research politechnic university

**Scientific leader- Dipl.-Ing. Nils Heinrich**  
ENVIDATEC GMBH, HAMBURG, GERMANY

## **Introduction**

Today, everyone understands that the efficient use of energy is possible only if they have reliable and accurate accounting and control system. Now most modern enterprises and organizations seriously thinking about collecting data from remote devices and sensors.

## **VIDA 44M**

The data logger VIDA 44M is a data acquisition unit for energy and operational data controlling. It is used to capture and record analog and digital data points, [1, 5]. With its numerous in- and outputs and its large memory it is perfectly suited for complex tasks. Due to the integrated Envidatec-firmware, the VIDA 44M is immediately operational and can be connected to the My-JEVis portal. To realize this, the data is transferred via the europe-wide My-JEVis network. Therefore, the data is contemporarily available in the My-JEVis portal.

VIDA 44M is cost-effective device for use in energy and operating data controlling. It is equipped with GSM / GPRS modem and optional interfaces: RS485, M-Bus, MOD Bus. The device provides easy export of data collected in standard spreadsheets or external systems.

## **GPRS over VPN**

GPRS, standing for General Packet Radio Service, packet-oriented mobile data service based on the classic GSM. The technical innovation of GPRS in relation to classic GSM is the use of principle of packet-switched communication. The main benefit is an always-online communication charged per data volume as opposed to classic circuit-switched communication where data transfer got billed per minute. Additionally using GPRS instead of classic GSM brings profit by making modem hardware resource on control center side superfluous. The GPRS network standard coming with all typical features of digital communication, such as encoding and digital error checking. The communication based on using the standard Internet Protocol (IP).

Virtual Private Network (VPN) describes a software based solution to connect several physical networks (e.g. Ethernet and GPRS) to a collective network without any barriers in IP communication. Depending on the used kind of VPN implementation there are different possibilities to encrypt the communication data. Caused by this the communication get secured from man-in- the-middle or manipulation attacks from third parties and can be established through a insecure network, such as public internet, without gambling with a increased security risks. In this use case the VPN technology will be used to connect the ISP with the Envidatec IT structure over a communication channel, using a secure tunnel realized by the Internet Protocol Security (IPSec) standard, so called Site-to-Site-VPN, [2, 3, 4].

In contrast to ordinary GSM communication where the costs depends on the duration of communication, the costs of GPRS communication depends on the effective data volume.

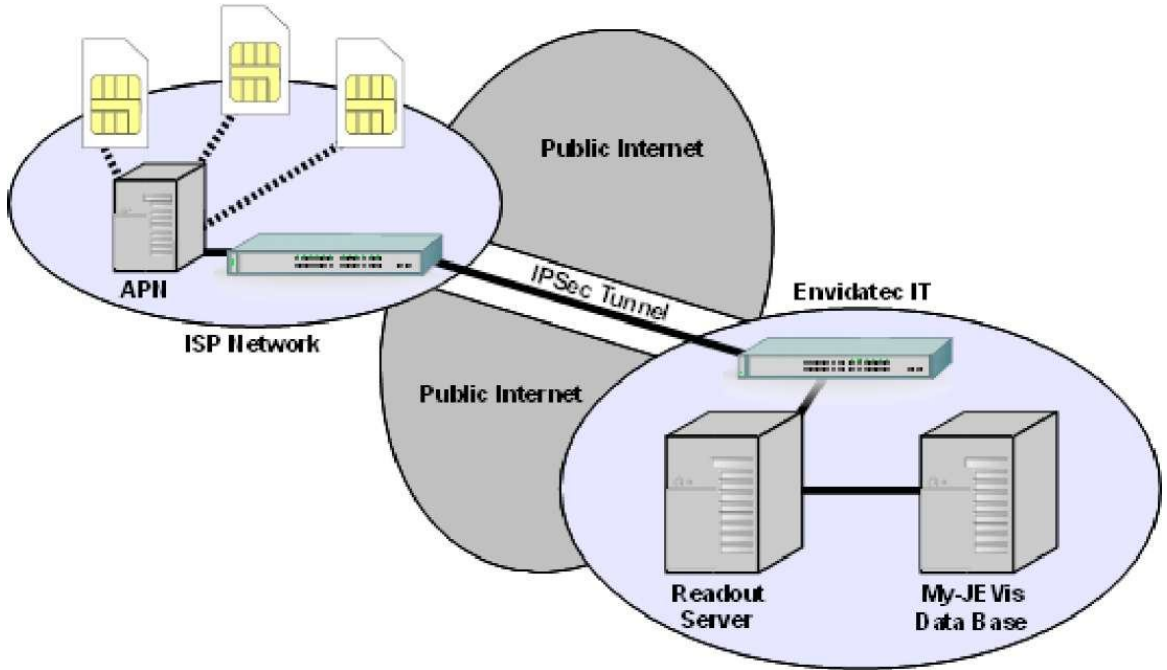


Fig. 1. VPN communication structure

To realize this Site-to-Site-VPN setup the SIM cards will in place of connecting to the typical public ISP's Access Point Name (APN) have access to a specific customer APN, authenticated by user- password combination or by SIM card ID. All data transfer coming from a successful authenticated SIM user will be forwarded from a specific ISP router, so called VPN concentrator, in a IPSec secured way directly to the specific Envidatec router, so called VPN terminator. All SIM cards getting forwarded through the IPSec tunnel will get a fixed level C class IP address which is bounded to the user-



password combination or respectively the SIM card ID. The result of this architecture is a full service IP communication network which combines several physical interfaces, following state-of-art security aspects.

The main advantages of using a VPN are:

1. direct end-to-end communication in both directions
2. safety communication aside the public internet communication

### VPN Parameter for MTS

For technical conformity the provider has to ensure:

- a customer specific APN gateway that allows the direct access to the VPN without additional software communication channel, using a secure tunnel realized by the Internet Protocol Security (IPSec) standard, so called Site-to-Site-VPN.

- a fixed IP to SIM card relation (no DHCP)
- the possibility to terminate the VPN at the customer IT structure using IPSec tunnel technology

The following parameters are needed for the establishment of a IPSec based VPN tunnel between the ISP and the Envidatec IT center.

Access point name (APN): testkk10.ural

Envidatec		MTS
<b>Network Settings</b>		
85.182.143.85	Peer IP Address	213.87.72.72
NETGEAR ProSafe FVS338	Manufacturer/VPN Product	CISCO
<b>IKE Policy (preferred)</b>		
3DES	Message Encryption Algorithm	3DES
MD5	Message Integrity Algorithm	MD5
PreShared Key	Peer Authentication Method	PreShared Key
Group 2	DH-Group	Group 2
28.800	IKE Lifetime (seconds)	28.800
<b>IPSec Parameters (preferred)</b>		
ESP	Mechanism for Payload Encryption	ESP
3DES	ESP Transform	3DES
MD5	Data Integrity	MD5
28.800sec/4.608.00kB	Security Association (SA) Lifetime	28.800sec/4.608.00kB

## Interaction with My-JEVis System

Since VIDA 44M is compatible with My-JEVis System, we have a access to all features of this system.

My-JEVis is the web portal exclusively developed by Envidatec. It is connected to all VIDA data loggers on-site via data communication, reads and evaluates energy and operating data regularly and visualizes it. My-JEVis offers an excellent and timely overview of all consumptions or stock values. These may be consumption data (electricity, gas, water, heat, refrigeration, air ...), state data (temperatures, pressures, operating hours ...) and other operational data. The visualization consists of illustrative diagrams, curves or tables. My-JEVis categories the measured values and allows studies of direct comparison.

JEGraph module is a tool for visualization, comparison and analysis VPN data.

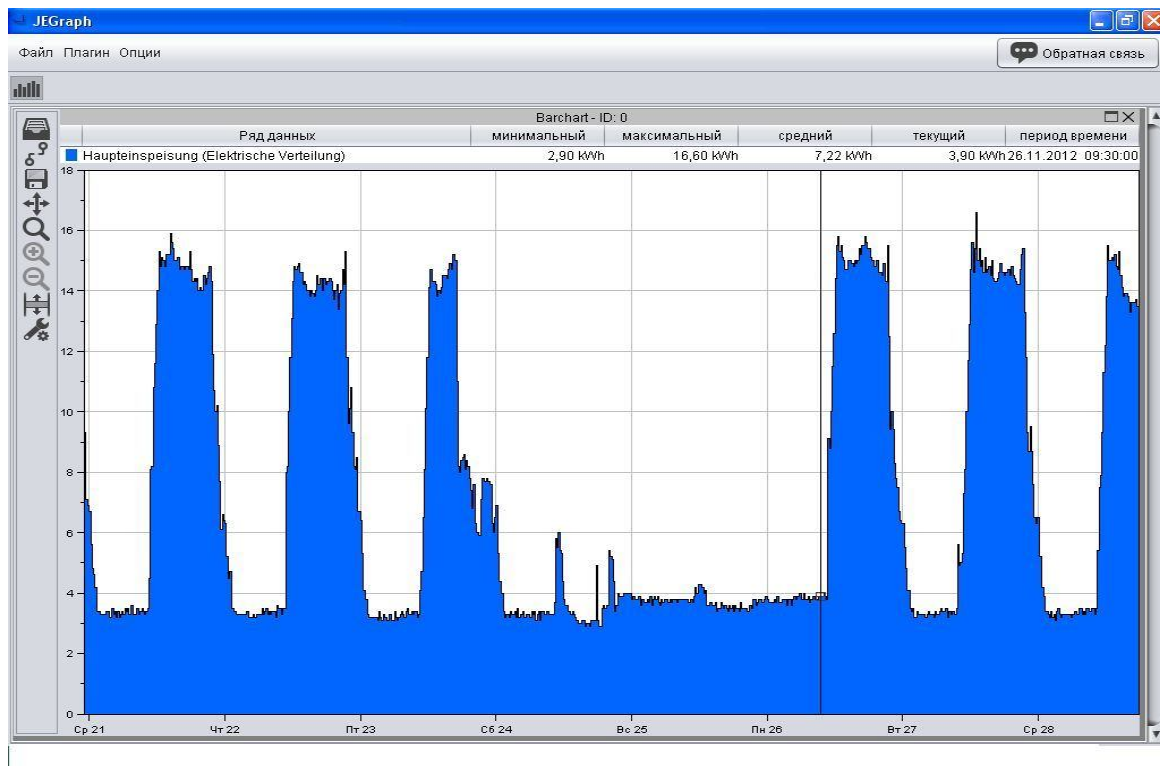


Fig. 2. JEGraph module

## Conclusion

Currently, remote data collection technologies are becoming increasingly popular. This technology allows you to quickly create reliable and inexpensive systems for applied areas and has the highest reason for further development.

## References

1. Site of company Envidatec GmbH. – URL: [www.envidatec.com](http://www.envidatec.com)
2. Temichev A.A., Kychkin A.V. Software simulator PLC VIDA350 energy management system // Vestnik PSTU. Electrical engineering, information technology, control systems. 2011. Number 5. Pp. 210 - 220.3.
3. Temichev A.A., Frank T., Kychkin A.V., Andreev E.I. Development of the infrastructure of My-JEVis system in Russian conditions. Science today: theoretical aspects and practical application: collection of scientific papers based on int. extramural scientific – practical conference. – Tambov, – 2011, pp. 128–129.
4. Temichev A.A., Frank T., Kychkin A.V. Typical error algorithms integrated in «VIDA350» software simulator. Innovative technologies: theory, tools, practices (Innotech 2011): Materials of III international internet conference of young scientists and students. – Perm: PNIPU, 2012. Pp. 93–98.
5. Kychkin A.V. Model structure synthesis automated data acquisition and processing system based on wireless sensors. Automation and modern technology. 2009. Number 1. Pp. 15–20.

# CORRELATION METHOD FOR RECOGNITION OF STATES OF DISTRIBUTED ENERGY CONSUMERS

R.R. Bakunov, A.S. Mechonoshin, T. Frank, A.V. Kychkin

Perm national research polytechnic university

The article is devoted to method of analysis of summary power consumption signal generated by system of distributed objects. The method is aimed at recognition of states of the objects on conditions that measurement is implemented on boundary terminals of the system.

## Introduction

Modern achievements in the field of IT allows to realize monitoring of energy consumption by the instrumentality of up-to-date computerized tools. Sum-total of the tools is called “energy management system”.

In these days one of the most advanced energy management system is JEVis [1], which was developed by company Envidatec GmbH. JEVis – is powerful tool which can be used for rationalization of power consumption of different objects.

If the objects form distributed system, special mathematical data processing is required, because measurement is usually implemented on boundary terminals of the system (in this case quantity of sensors and load of data channels are reduced).

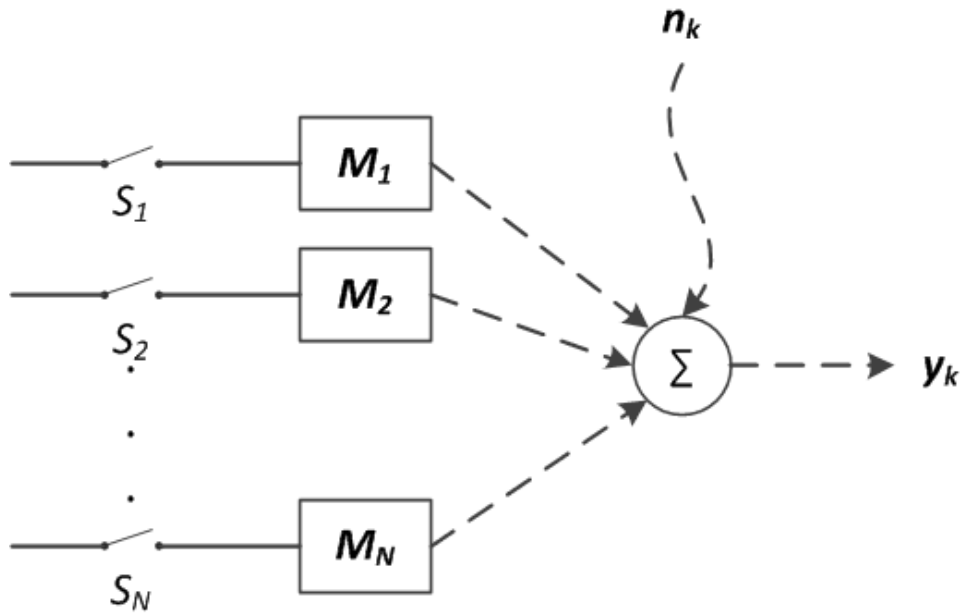
So, there is very important scientific task: developing of method for processing of summary power consumption signal of system to determine states of concrete objects in the system.

There is no concrete solution for the task because of it features: shortage of information for recognition of states and presence of noises in the system.

## Description of the approach

The article is devoted to one of the solutions of the task. The solution is based on digital signal processing (DSP). The signal means the function which transfers information about state or behavior of the physical system [2]. For example, we talk about system consists of  $N$  objects. Functioning (dynamics of power consumption) of object  $i$  is determined by model  $M_i$  ( $M_i$  have two meanings: the model and it's output signal). Energy consumption of object  $i$  from power source is regulated by switch  $S_i$ . The switch has only two possible states: 1 and 0.

The picture 1 represents the model of formation of summary power consumption signal.



Pic. 1. Model of formation of summary power consumption signal

So, it's possible to write formula for summary power signal  $y_k$  which is consumed by  $N$  distributed objects on conditions that there is additive white Gaussian noise  $n_k$  in the system (1):

$$y_k = \sum_{i=1}^N S_i \cdot M_i + n_k \quad (1)$$

Generally states of the consumers are determined by states  $S_i$  of switches. In the article only two working modes of objects are considered. Normal working mode of object  $i$  means that state of switch  $S_i$  is 1; cutoff mode of object  $i$  means that state of switch  $S_i$  is 0.

Practically solution of the task consists of two steps: noise filtering and selection of coefficients of linear combination on conditions that they are Boolean. It's possible to make noise filtering by the methods from [3].

There are output signals  $M_i$  of models in formula (1). Generation of analytical expressions (formulas) which describe energy consumption of the objects in the system is very labor-consuming process.

Therefore it's useful to use approximate numerical modeling of energy consumption in normal working mode for each object. Modeling is provided by processing of some quantity of measuring information for each object during concrete time stamp. In this way model  $M_i$  will be a discrete row of numbers. Sampling frequency depends on features of next usage of the model.

The summary power signal must be analyzed by special method after generation of set of the numerical models. It should be noted that in the article signals  $M_i$  are accepted as deterministic.

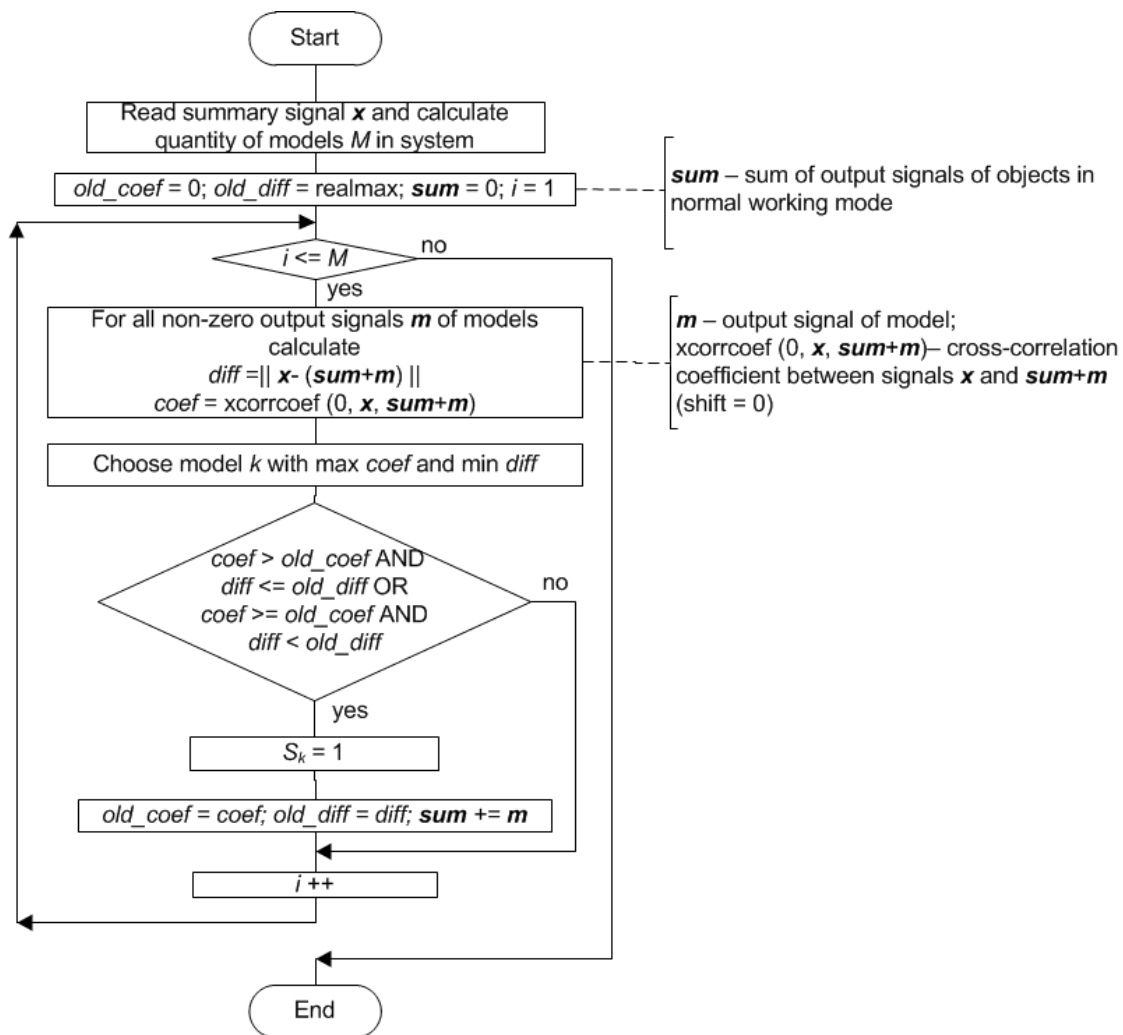
The proposed method is based on concepts of DSP, such as norm of vector (2), distance between vectors and cross-correlation coefficient between two signals (3):

$$\|f\| = \sqrt{\sum_{k=1}^N f_k^2} \quad (2)$$

$$r_{fg}(j) = \frac{R_{fg}(j)}{\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N f_i^2 \sum_{i=1}^N g_i^2}} \quad (3)$$

In the formulas  $f$  and  $g$  are signals (vectors), each of them consists of  $N$  samples;  $R_{fg}(j)$  is cross-correlation function between signals  $f$  and  $g$  when shift is  $j$ .

Algorithmic diagram of the proposed method is given in picture 2.

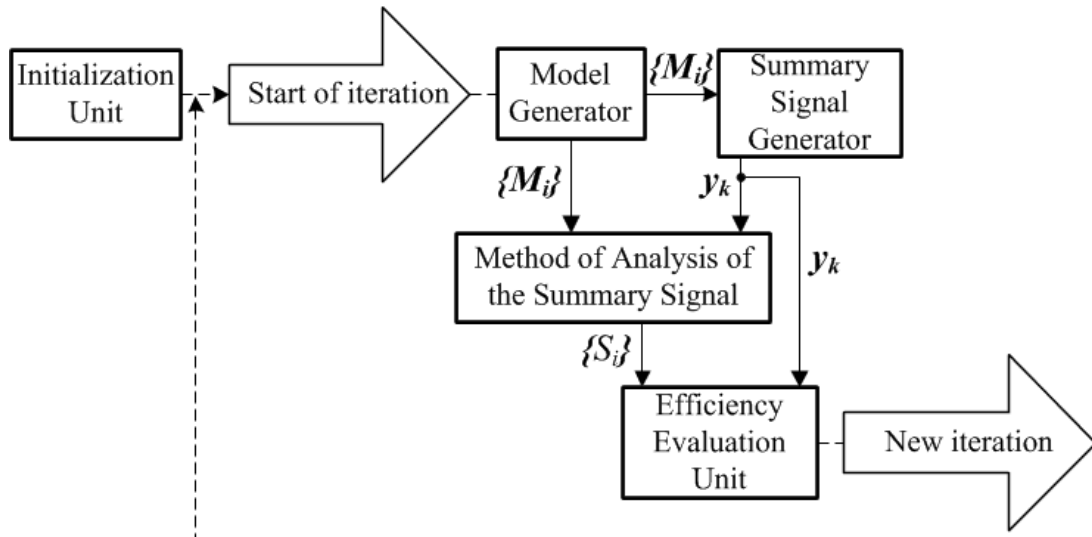


Pic. 2. Algorithmic diagram of the developed method

## Experimental testing

As software tool for experimental researches GNU Octave environment was chosen. Detailed description of the tool is given in [4], [5].

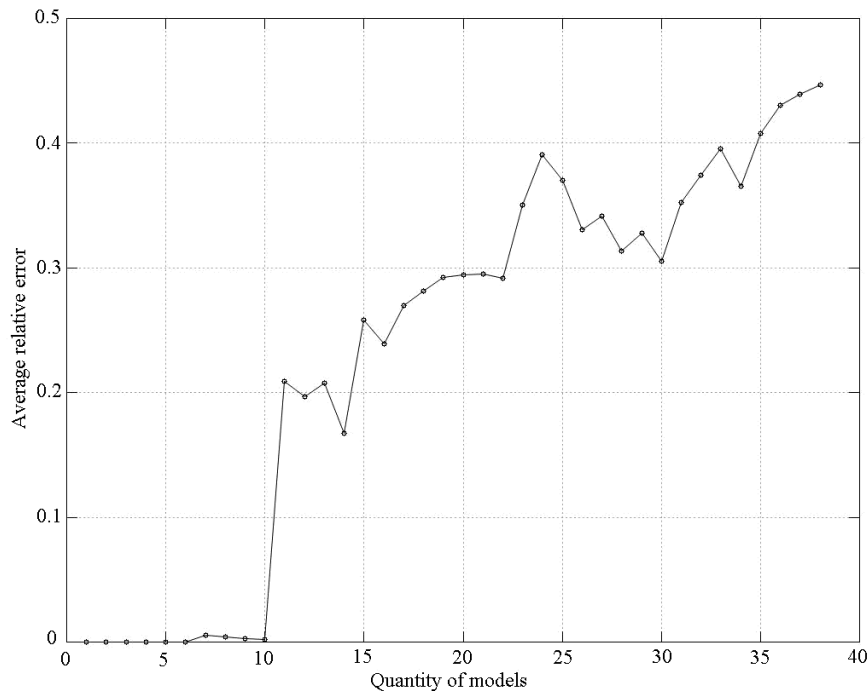
Special approach is required to establish borders of applicability of the developed method. Model of the approach is given in picture 3.



Pic. 3. Model of experimental verification of the developed method

Test signals  $M_i$  created by the Model Generator are impulse-like. Real power consumption signals are similar to them.

Picture 4 illustrates borders of applicability of the developed method. X-axis shows quantity of models in the system, Y-axis shows mean value of relative error of decomposition of summary signal.



Pic. 4. Efficiency of the method

Decomposition of summary signal  $x$  means process of recognition of working modes of the objects in the system. Output signals  $M_i$  of objects which are in normal working mode (they quantity is  $m$ ) give in sum some signal  $x'$ , as in the formula (4):

$$\sum_{i=1}^m M_i = x' \quad (4)$$

Absolute error of decomposition  $\Delta x$  is calculated by formula (5):

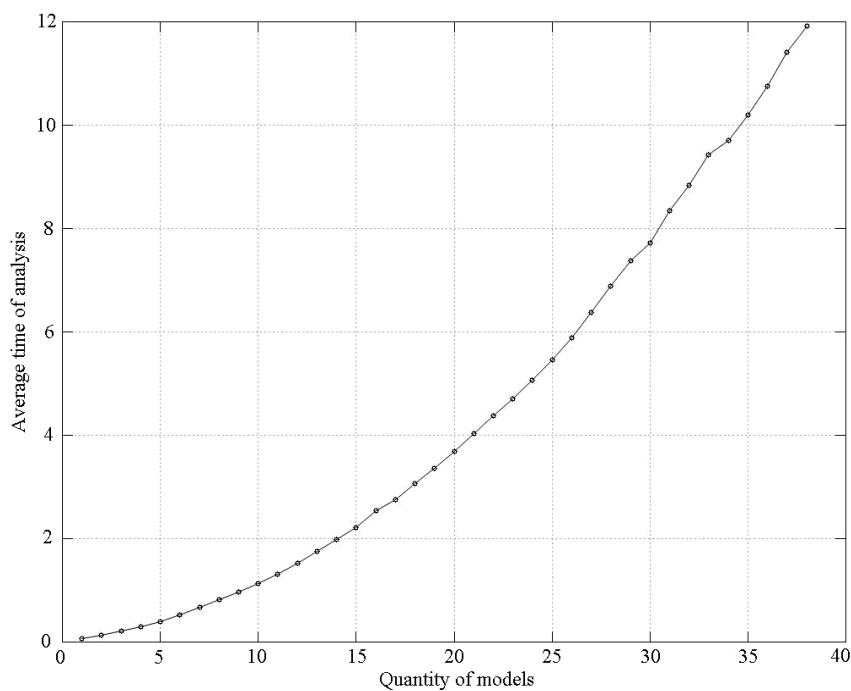
$$\Delta x = \|x - x'\| \quad (5)$$

Geometrical meaning of the absolute error is length of vector which is difference of the vectors  $x$  и  $x'$ .

So, relative error  $\delta$  of decomposition can be calculated through absolute error using formula (6):

$$\delta = \frac{\Delta x}{\|x\|} \quad (6)$$

Time characteristics of the method are given in picture 5.



Pic. 5. Time features of the method

X-axis shows quantity of models in the system, Y-axis shows mean time (in seconds) which is required for analysis of summary signal.

Computer for experimental testing has next parameters: CPU Intel Core i3, 4 GB RAM, operating system Windows XP 32 bit.

Each point of all diagrams is a result of 1000 automatic experiments, each of them was made in according with given approach for experimental testing of the developed method.



## Conclusion

Qualities of the developed method are specified below.

It is possible to say that developed method can be used in different ways, for example, in web-oriented systems (such as JEVIS), because of its good time characteristics.

Moreover, the proposed method is scalable and reconfigurable. This means that its reconfiguration requires only corresponding changes in repository of numerical models.

The developed approach is invariant with respect to type of input information. Therefore it is possible to use the method in different information-measuring systems (not only in energy management systems). The proposed approach is based on DSP – science which can be used in various tasks of our life.

Software realization of the method can work under different operating systems, because GNU Octave is cross-platform environment.

The presented project has features of scientific novelty and practical value. The approach allows to increase efficiency of information-measuring systems and, particularly, energy management systems. Increasing of efficiency means that quantity of measuring channels can be less than quantity of monitored objects. Missing information is produced by recognition of states of the objects. The recognition, of course, has some restrictions, but using of it allows to decrease quantity of sensors, load of data channels and required disk space for data storage. All of these advantages can simplify structure and decrease cost of advanced information-measuring systems.

## References

1. Faizrakhmanov R.A., Frank T., Kychkin A.V., Fedorov A.B. Sustainable energy consumption control using the MY-JEVIS energy management data system // Russian Electrical Engineering. – 2011. – Vol. 82. – № 11. – P. 607–611.
2. Оппенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / под ред. С. Я. Шаца. – М.: Связь, 1979. – 416 с.
3. Харкевич А.А. Борьба с помехами. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1965. – 276 с.
4. W. Eaton John, Bateman David, Hauberg Soren. GNU Octave. A high-level interactive language for numerical computations [Электронный ресурс] // Сайт gnu.org. – URL: <http://www.gnu.org/software/octave/octave.pdf> (дата обращения: 18.10.2012).
5. Octave Programming Tutorial [Электронный ресурс] // Сайт wikibooks.org. – URL: [http://en.wikibooks.org/wiki/Octave\\_Programming\\_Tutorial](http://en.wikibooks.org/wiki/Octave_Programming_Tutorial) (дата обращения: 18.10.2012).

# ТЕХНОЛОГИЯ СЕРТИФИКАЦИИ ПО ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

Т. Франк

Компания «ENVIDATEC», Германия

Канд. экон. наук О.А. Пойлов, канд. экон. наук М.В. Степанова  
ООО «Энвидатек Ост», г. Екатеринбург

Интерес российских компаний к сертификации на соответствие стандартам энергетического менеджмента продолжает расти. Рынок пестрит быстрыми и недорогими предложениями. В то же время ведущие холдинги рассказывают о дрящущейся годами кропотливой работе по внедрению системы энергоменеджмента для последующей сертификации [1]. Кто прав? И что выбрать конкретному предприятию?

**Анализ соответствия требований ISO и ГОСТ Р.** Во-первых, оговоримся: часто задача стоит в снижении энергоемкости и оптимизации всех процессов на предприятии с точки зрения энергоэффективности без формального подтверждения успеха в виде сертификата. Но в этом материале речь идет именно о получении сертификата соответствия стандарту энергетического менеджмента, а не просто о внедрении на предприятии соответствующей системы. В этом случае первое решение, которое необходимо принять компании, – на какой стандарт ориентироваться. На международном уровне летом 2011 года принят (и действует также в России) стандарт ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» (Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по использованию).

Российские органы стандартизации организовали работу и подготовили национальный «аналог» этого стандарта – ГОСТ Р ИСО 50001-2012. И хотя российская версия документа представляет из себя максимально близкий к оригиналу перевод, сама система стандартизации и сертификации в Российской Федерации сегодня такова, что сертификация по международному стандарту и по ГОСТ Р – абсолютно разные вещи: и по затратам времени, и по финансовым вложениям, и по качеству. Порог вхождения на рынок сертификации в России недопустимо низок, так что очень несложно создать собственный аккредитационный орган, чтобы затем аккредитовать любые (в том числе аффилированные) компании для выдачи сертификатов соответствия ГОСТ Р. Что и происходит на рынке. Степень доверия к таким сертификатам невысока, а работа таких сертификационных компаний не соответствует международному стандарту ISO 17021.

Какой именно сертификат нужен, это решает само предприятие. Обычно крупные холдинги в своих тендерных требованиях к контрагентам указывают соответствие международному стандарту. О нем и будем говорить. При этом надо понимать, что сертификация на соответствие международному стандарту ISO 50001:2011 невозможна без реального внедрения на предприятии системы энергоменеджмента (СЭнМ). Такой сертификат потому и ценится, что выдается по заслугам. И репутация всей системы поддерживается качеством на каждом из ее уровней.

**Обзор существующих решений на рынке сертификации энергоменеджмента.** Если есть потребность внедрить систему энергоменеджмента и в последующем сертифицировать ее, возможными партнерами и помощниками в этом станут компании трех уровней.

1. **Компании-сертификаторы.** Это перед ними придется держать экзамен. От них на предприятие придут те серьезные люди – аудиторы, чей отчет станет основой для принятия решения – получит предприятие сертификат соответствия стандарту или нет. Серьезные они потому, что все их действия жестко регламентированы другим международным стандартом – ISO/IEC 17021 «Conformity assessment — Requirements for bodies providing audit and certification of management systems» (Оценка соответствия – Требования к органам, проводящим аудит и сертификацию систем управления). Если мы говорим о сертификации по высшему стандарту, в мире сложился определенный пул уважаемых сертификационных компаний. На слуху такие бренды, как *TÜV*, *Bureau Veritas*, *DQS*, *DNV*, *SGS*, *BSI*, *AFNOR*. К кому обратиться – зависит от амбиций предприятия.

2. **Аккредитационные органы.** Высшая каста в мире сертификации. Именно они дают вышеупомянутым сертификационным компаниям право заниматься сертификационной деятельностью, то есть «сертифицируют сертифицировщиков». В настоящее время они являются государственными, т.е. каждая развитая страна имеет собственный аккредитационный орган, признаваемый на международном уровне. Самые известные – германский *Dakks* и британский *UKAS*. Сертификационная компания может получить аккредитацию у любого из действующих аккредитаторов – у литовского, шведского, германского и любого другого. Возможно, для специалистов ценность такой аккредитации будет различна. Однако компании, желающей сертифицироваться по ISO, необязательно разбираться в этом. Главное – выбрать хорошего сертифицировщика. А уж он обычно сертифицирован в хорошем аккредитирующем органе.

3. **Консультанты.** Вся система выстроена так, чтобы минимизировать риски влияния и снизить аффилированность участвующих сторон. Один из основных принципов ее действия – независимость и беспристрастность. Поэтому по международным правилам компании-сертификаторы не имеют права консультировать клиентов, они лишь оценивают соответствие готовой системы требованиям международного стандарта. Основную же работу по внедрению на предприятии системы энергетического менеджмента будут делать приглашенные «консалтеры» совместно с топ-менеджментом предприятия. Многие предприятия, желающие внедрить систему энергоменеджмента и получить соответствующий сертификат, уже не новички в вопросах сертификации систем менеджмента, например, по ISO 9001. В таком случае, скорее всего, компания обратится к тому сертифицикатору, с кем работала раньше, а тот в свою очередь может порекомендовать консультантов.

### **Процесс сертификации по энергоменеджменту**

1. Консалтинг и внедрение. Консультанты по договору на внедрение СЭнМ проведут первичный, или диагностический аудит, который выявит существующее положение дел. Это всесторонняя проверка практической деятельности компании на предмет соответствия текущей деятельности требованиям международного стандарта ISO 50001:2011. Например, в *Envidatec* [2] каждый из 28 пунктов требований стандарта оценивается в процентном отношении в соответствии с рисунком. Максимальное количество баллов в сумме – 2800.

Обнаружено полное отсутствие выполнения требований стандарта по данному элементу	0 %
Имеются некоторые разрозненные документы, записи или другие факты, свидетельствующие о несистемном выполнении требований стандарта по данному элементу	25 %
Имеются проекты письменных процедур, документов или лучшая управленческая практика, предполагающие выполнение требований стандарта по данному элементу системы	50 %
Требования стандарта по данному элементу частично реализуются на практике на основании вовлеченности персонала, письменных процедур и т.д.	75 %
Все требования стандарта по данному элементу внедрены в практику предприятия	100 %

Рис. Процентное соотношение соблюдения требований стандарта ISO 50001:2011 на исследуемом предприятии

В зависимости от фактически набранной суммы баллов оценивается степень соответствия СЭнМ предприятия требованиям стандарта. В отчете консультанты отразят по каждому из 28 пунктов стандарта его тре-

бования; существующее на предприятии положение; дадут рекомендации по приведению в соответствие. Будет организовано обучение персонала, без чего проведение дальнейших этапов невозможно, и что является обязательным требованием стандарта.

Затем консультанты совместно с командой, сформированной на предприятии, разработают для него собственную уникальную систему энергоменеджмента, которая не только оптимизирует управленческие процессы и повысит энергоэффективность производства, но и будет формально соответствовать требованиям стандарта ISO 50001:2011.

Следующим этапом эта система будет внедрена – изменена по необходимости структура управления, усовершенствован документооборот, организована система учета потребления энергии более детальная и аналитическая, нежели привычный коммерческий учет, начата практика внутренних аудитов и так далее.

Завершением работы консультантов может стать так называемый «предсертификационный аудит» – своего рода генеральная репетиция перед решающим экзаменом – собственно сертификационным аудитом. Обычно проводить его будут не те специалисты, которые осуществляли консалтинг, чтобы более независимо оценить СЭнМ. По результатам предсертификационного аудита компания имеет шанс «подчистить хвосты» и довести все компоненты системы до требуемого уровня.

2. Сертификация. Когда компания считает, что ее СЭнМ соответствует международному стандарту, пора звать сертифицированных. Следует обратить внимание, что в договоре используется формулировка «проведение сертификационного аудита». Его результатом может стать, к сожалению, решение о несоответствии СЭнМ требованиям стандарта и отказе в выдаче сертификата – таков итог в нескольких процентах случаев. Именно поэтому имеет смысл как можно более качественно провести этап консалтинга и внедрения системы.

Заявка (application) на проведение аудита содержит основную необходимую информацию о компании – от названия и контактов до профиля деятельности, масштабов производства, используемых ресурсов и т.п. Обычно ее форма предлагается сертифицированным. Прежде всего сертифицированный изучает заявку компании-аппликанта на предмет достаточности предоставленной информации для проведения аудита, отсутствия какого-либо недопонимания и наличия у сертифицированного возможности и компетенции для проведения требуемого аудита.

Хорошие компании-сертифицированные строго подходят к отбору аудиторов: такие специалисты обучаются и в зависимости от имеющегося

опыта и образования акцептируются в качестве международных аудиторов с присвоением определенных отраслевых кодов (например, в энергетике, металлургии, образовании). Так, для проведения аудита на металлургическом заводе хотя бы один из команды аудиторов будет специалистом в технологии металлургического производства.

Собственно сертификационный аудит будет состоять из двух частей – аудит оценки готовности (либо только документальный, либо с выездом на место) и аудит на месте. По итогам оценки готовности аудиторы известят компанию о выявлении любых точек, которые на второй стадии аудита могут быть оценены как несоответствующие требованиям стандарта. В таком случае сертифициатор даст компании время для приведения СЭнМ в соответствие перед началом второго этапа аудита: как правило, будет дано не более 3 месяцев. Если несоответствия не будут устранены и сохранятся на финальном этапе аудита, любое из них будет расценено как «критическое несоответствие» требованиям стандарта, что автоматически станет основанием для отказа в выдаче сертификата. Типичные выявляемые несоответствия – отсутствие элементов системы, например, не проводится внутренний аудит, нет анализа со стороны высшего руководства. Одно из самых распространенных – система построена формально и действует только на бумаге.

Команда аудиторов составит итоговый отчет со своими комментариями к выявленным отклонениям и усилиям, предпринятым предприятием для их устранения. Также отчет содержит рекомендации команды аудиторов о выдаче либо невыдаче предприятию сертификата соответствия. Получив этот отчет от своих аудиторов, компания-сертифициатор с соблюдением своих внутренних строго регламентированных процедур примет окончательное решение.

3. Мониторинг. Требования стандарта ISO 50001:2011 подразумевают постоянное, непрекращающееся совершенствование системы энергетического менеджмента на предприятии. Именно поэтому этапом выдачи сертификата (в случае успеха) дело не заканчивается.

В первый и второй год после получения сертификата предприятие примет так называемые «наблюдательные аудиты» (*surveillance audits*) от своей сертификационной компании. А на третий год будет иметь место повторный сертификационный аудит. Их цель – подтвердить, что предприятие и его СЭнМ по-прежнему удовлетворяют требованиям стандарта [3].

4. Анализ рисков и угроз. Сертификат может быть не выдан, если при сертификации были нарушены условия договора либо предприятие

не выполнило установленные сроки устранения несоответствий, т.е. обнаружены критические несоответствия требованиям стандарта. Аккредитующие организации, оберегая свою репутацию, отслеживают качество работ, проводимых сертифицированными, например, представители аккредитатора могут присутствовать на сертификационном аудите. В случае, если нарушены регламентируемые процедуры, обнаруживается несоответствие требованиям ИСО 17021, это также грозит невыдачей сертификата.

В случае несогласия с вынесенным решением компания-заявитель может подать апелляцию (подается в сертификационный орган, рассматривается независимыми экспертами) или жалобу (может быть подана аккредитатору или в суд).

**Заключение.** Мотивация компании, как нам кажется, вполне очевидна: встроить энергоменеджмент в действующую систему управления, снизить затраты на энергоресурсы, обеспечить соответствующую динамику и в последующих периодах. А если это необходимо по формальным требованиям контрагентов или акционеров, получить подтверждение в виде сертификата соответствия международному стандарту ISO 50001:2011.

Однако каждому предприятию самому решать, зачем ему сертификат, нужна ли при этом действующая СЭнМ и в какой орган за получением сертификата обратиться.

### **Библиографический список**

1. Энергоэффективность и энергосбережение. – URL: <http://www.energeff.ru>.
2. Сайт компании Envidatec GmbH. – URL: [www.envidatec.com](http://www.envidatec.com).
3. Щелоков Я.М., Лисиенко В.Г. Эффективность и энергетические основы устойчивой экономики / УГТУ-УПИ. – Екатеринбург, 2010. – 400 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

Заведующий лабораторией технологии лесосечных работ  
и транспорта леса

КарНИИЛПК (ПетрГУ) *В.И. Скрыпник*,  
канд. техн. наук, доцент *А.В. Кузнецов*

Петрозаводский государственный университет

*В настоящее время все большее значение придается развитию альтернативной энергетики с использованием местных видов топлива. В частности, к таким видам топлива относится топливная щепка, которая может быть получена из лесосечных отходов, образующихся на лесосеке в процессе лесозаготовок. Стоит отметить, что объем древесных отходов, образующихся при производстве лесосечных работ составляет не менее 24 % общего объема лесозаготовок. Основным недостатком известных способов заготовки древесных отходов заключается в том, что они не обеспечивают снижения затрат на сбор лесосечных отходов и их концентрацию на погрузочной площадке.*

Для минимизации затрат на доставку древесных отходов до верхних складов, для повышения производительности рубительных машин за счет снижения расстояния и количества их переездов между стоянками предлагается более рациональный и эффективный технологический процесс, при котором основная масса лесосечных отходов доставляется на погрузочные площадки одной машиной в процессе валки и трелевки деревьев и концентрируется после обрезки сучьев, раскряжевки и штабелевки сортиментов.

Кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного комплекса Петрозаводского государственного университета под руководством проф. И.Р. Шегельмана обоснована конструкция универсальной лесозаготовительной машины, обеспечивающей валку, трелевку деревьев на лесосеке, обрезку сучьев и раскряжевку на погрузочной площадке – валочно-трелевочно-процессорной машины (ВТПМ) [1, 2]. В ПетрГУ получены патенты на полезную модель «Валочно-трелевочно-процессорная машина» [2], а также на изобретение «Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной» [3]. ВТПМ состоит из базовой машины, платформы и манипулятора, на платформе установлен зажимной коник с гидроприводом, а на манипуляторе установлена харвестерная



головка, предназначенная для использования в качестве захватно-срезающего и процессорного устройства.

Технология работы машины заключается в следующем. При разработке каждой пасеки машина задним ходом заходит в глубь лесосеки и разрабатывает волок (технологический коридор), укладывая деревья по краям, освобождая проезд. Двигаясь в обратном направлении, валит и укладывает в коник деревья, находящиеся в пределах доступности с обеих сторон машины, а также подбирает и укладывает в коник сваленные деревья при разработке волокa. После набора пачки деревьев она трелюется на погрузочную площадку. На погрузочной площадке машина производит обрезку сучьев, раскряжевку деревьев, штабелевку сортиментов. Древесные отходы (вершинки, сучья, откомлевки) остаются на погрузочной площадке.

Предложенная технология заготовки сортиментов на лесосеке имеет преимущества перед всеми известными способами: валка-трелевка на лесосеке и заготовка сортиментов на погрузочной площадке (обрезка сучьев, раскряжевка, штабелевка) производится одной машиной; для транспортировки отходов лесозаготовок не нужно использовать специальную транспортную машину, они образуются на погрузочной площадке после трелевки деревьев и раскряжевки их ВТПМ.

В процессе предпроектных исследований было проведено имитационное моделирование работы ВТПМ при заготовке сортиментов в производственных условиях с целью определения производительности и технико-экономических показателей работы. Для получения сопоставимых данных при заготовке леса в сортиментах в той же лесосеке была организована работа комплекса машин харвестер-форвардер [4].

Анализ полученных данных показал, что производительность валочно-трелевочно-процессорной машины при работе на лесосеке на валке, трелевке и раскряжевке деревьев на погрузочной площадке при заготовке сортиментов и форвардера на погрузочной площадке на частичной штабелевке сортиментов на 10–20 % выше, чем комплекса машин харвестер-форвардер при использовании харвестера на валке, обрезке сучьев, раскряжевке, а форвардера на трелевке, сортировке и штабелевке сортиментов. При этом удельные капитальные и эксплуатационные затраты на заготовке сортиментов практически одинаковы.

Основной эффект от применения ВТПМ могут получить те предприятия, которые планируют заготовку топливной щепы из лесосечных отходов. Проведенный анализ показал, что при заготовке щепы на лесосеке по современным технологиям слишком высоки затраты машинного

времени на доставку древесных отходов с лесосеки на погрузочную площадку и их концентрацию там. При заготовке щепы непосредственно на лесосеке резко снижается производительность рубительных машин из-за того, что древесные отходы на лесосеке находятся в децентрированном виде; в результате требуются большие затраты времени на сбор древесных отходов, а также доставку щепы на погрузочную площадку.

В случае, если на лесосеке древесные отходы предварительно уложены в валы грабельными подборщиками, например ЛТ-161, производительность рубительной машины непосредственно на лесосеке практически равна её производительности на погрузочной площадке, но добавляются затраты на транспортировку щепы до погрузочной площадки. Кроме того, значительны затраты машинного времени на укладку древесных отходов в валы. В среднем на 1 га требуется 1/3 машиносмены подборщика [5]. Таким образом, при запасе леса на га  $150 \text{ м}^3$  и  $30 \text{ пл. м}^3$  древесных отходов производительность на человеко-день на сгребание их в валы составит  $90 \text{ пл. м}^3$ . Производительность рубительной машины после концентрации древесных отходов подборщиком меньше, чем при работе на погрузочной площадке, так как добавляются затраты на доставку щепы на погрузочную площадку. При рассматриваемых условиях она составляет  $65,3 \text{ пл. м}^3$ . При заготовке древесных отходов на лесосеке с использованием пачкоподборщика с транспортировкой пачек на погрузочную площадку и укладкой их в штабеля форвардером с последующей переработкой на щепу рубительной машиной сменная производительность по циклу работ составляет  $27,42 \text{ м}^3$ .

Наибольшая производительность на выработке щепы из древесных отходов ( $78,82 \text{ м}^3$ ) достигается при работе рубительной машины на погрузочной площадке после обрезки сучьев, раскряжевки деревьев на сортименты и концентрации древесных отходов ВТПМ. Поскольку древесные отходы доставляются на погрузочную площадку в процессе работы при заготовке сортиментов, на это не требуется дополнительных затрат, и поэтому затраты на выработку щепы составляют  $178 \text{ руб/пл.м}^3$ , что в 2–2,4 раза ниже, чем при использовании других комплексов машин (рисунок).

В целом суммарные затраты по циклу работ «заготовка сортиментов, получение щепы» на лесосеке или погрузочной площадке при использовании ВТПМ и рубительной машины по сравнению с применяемыми в настоящее время в России и за рубежом для этих целей комплексов машин и оборудования ниже, в среднем на 45 %.

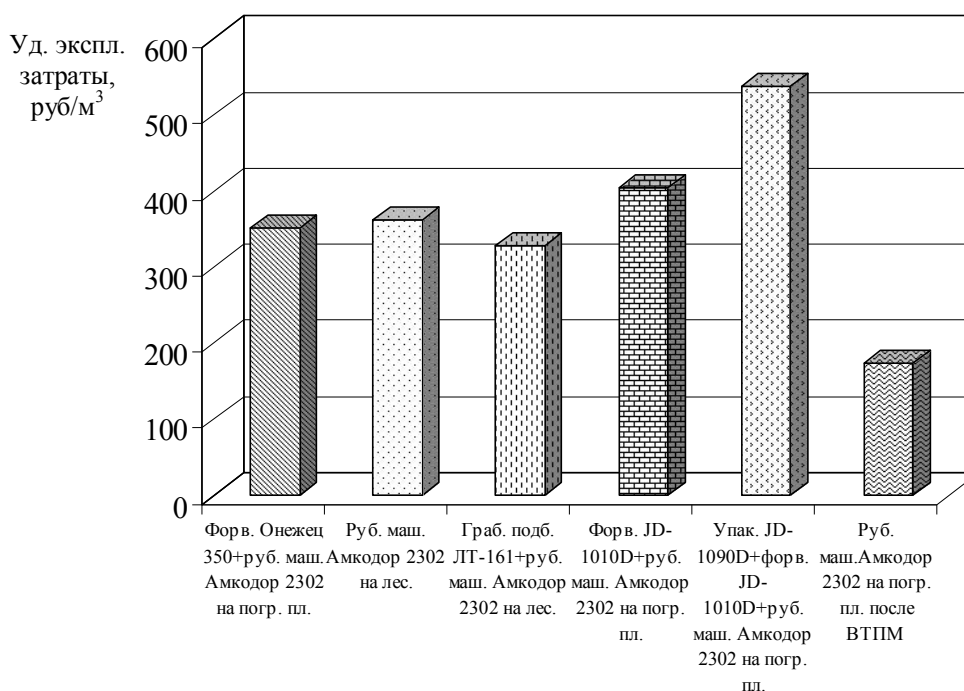


Рис. Техничко-экономические показатели работы систем машин на производстве топливной щепы

Подытоживая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что применение разрабатываемой валочно-трелевочно-процессорной машины обеспечит повышение производительности на заготовке сортиментов по сравнению с современной технологией с использованием комплекса машин «харвестер-форвардер» на 10–20 %, а на заготовке щепы на лесосеке – в 2–2,4 раза. При этом затраты на заготовку сортиментов комплексом машин «харвестер-форвардер» при работе первого на лесосеке на валке, обрезке сучьев, раскряжевке и форвардера на трелевке сортиментов, их сортировке и штабелевке на погрузочной площадке и ВТПМ на заготовке сортиментов, концентрации древесных отходов и форвардера на погрузочной площадке практически одинаковы. В 2011 году в среднем по Республике Карелия стоимость 1 т каменного угля составила 2700 руб., стоимость 1 т мазута – 11 000 руб. и т.д. При расчете топливного баланса используются следующие calorific equivalents для перевода натурального топлива в условное: каменный уголь 0,7/т, топочный мазут 1,37/т и топливная щепка 0,266/пл. м<sup>3</sup>. Затраты на доставку щепы в котельную при среднем расстоянии транспортировки 50 км составляют 200 руб/пл. м<sup>3</sup>. Расчеты показывают, что стоимость тонны условного топлива составляет: угля 3857 руб., мазута 8029 руб. и щепы с учетом её доставки 2071 руб. при заготовке её по традиционным технологиям и 1421 руб. при заготовке щепы после ВТПМ. Таким образом, экономическая доступность

*вторичных ресурсов лесосечных работ для промышленного использования повышается в 1,4–1,5 раза. Применение ВТПМ особенно эффективно в малых лесозаготовительных предприятиях, где при применении комплексов машин не обеспечивается их полная загрузка. Внедрение разрабатываемой ВТПМ и способа заготовки сортиментов и щепы будет способствовать повышению уровня ресурса сбережения на 7–10 % за счет внедрения в оборот древесных отходов лесозаготовок, не используемых в настоящее время.*

Разработанная ВТПМ и способ ее работы в комплексе с рубительной машиной на выполнении операций по заготовке сортиментов, концентрации древесных отходов на погрузочной площадке и выработке там щепы в сравнении с комплексами машин зарубежных фирм *Ponsse, John Deere, Valmet/Komatsu Forest, Bruks, Silvetec* и других вполне конкурентоспособны, обеспечивают в сравнении с ними повышение производительности, снижение затрат на заготовку сортиментов и топливной щепы на лесосеке, повышение экономической доступности вторичных ресурсов для их использования в энергетических целях.

### **Библиографический список**

1. Шегельман И.Р., Скрыпник В.И. Обоснование разработки валочно-трелевочно-процессорной машины // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 7. – 2008. – С. 141–147.
2. Валочно-трелевочно-процессорная машина: пат. № 94111 Рос. Федерация / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник; заявл. 02.12.2008; опубл. 2010.05.20.
3. Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной: пат. № 2426303 Рос. Федерация / И.Р. Шегельман, П.В. Будник, В.И. Скрыпник, В.Н. Баклагин; заявл. 18.03.2009; опубл. 20.08.2011.
4. Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Степанищев О.Э. Имитационные испытания валочно-трелевочно-процессорной машины // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф., посв. 50-летию кафедры механ. технологии древесины КГТУ. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2012. – С. 169–172.
5. Матвейко А.П., Протас П.А. Технология и машины лесосечных работ. – Минск: Изд-во БГТУ, 2008. – 118 с.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК**

**Студент гр. 107629 БНТУ А.Д. Чугунов**

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Значительного повышения энергетической эффективности можно добиться снижением потерь в электроприводах с асинхронным двигателем. Однако ввиду широкого распространения асинхронных двигателей в различных сферах производства невозможно разработать универсальное решение этой проблемы. Для каждого случая необходимо проводить анализ режимов работы привода и причин возникновения потерь, а также способов их снижения [1].

В данной работе проведен анализ для наиболее распространенных механизмов: насосов, подъемно-транспортных механизмов с целью выявления основных способов повышения энергосбережения.

Основной причиной возникновения потерь насоса является необходимость регулировать производительность. Традиционно регулирование осуществляется дросселированием, т.е. изменением гидравлического сопротивления сети или, проще говоря, изменением положения задвижки. При использовании данного способа регулирования для уменьшения производительности насоса необходимо прикрыть задвижку. Очевидно, что снижая производительность, уменьшается мощность на выходе насоса, т.е. полезная мощность. С другой стороны, увеличение гидравлического сопротивления сети приводит к увеличению момента на валу двигателя, а следовательно, к увеличению потребляемой мощности. Таким образом, регулирование дросселированием приводит к значительному снижению КПД насосного агрегата. Применяя дросселирование, во всех режимах работы насоса имеют место дополнительные потери. Для снижения потерь необходимо применять регулирование производительности насоса изменением частоты вращения рабочего колеса, т.е. применением регулируемого электропривода, что позволит обеспечить плавное регулирование скорости.

Рассмотрим особенности работы электропривода подъемно-транспортных механизмов. Для подъемно-транспортных механизмов характерна работа как с положительным, так и с отрицательным моментом нагрузки. Разноименные знаки момента нагрузки означают, что при подъеме груза энергия передается от привода к грузу, а при спуске – от груза к приводу. Однако в большинстве механизмов используется червячный редуктор, который не позволяет передавать энергию в обратном

направлении. Поэтому вся энергия от груза выделяется в виде тепла в редукторе. Возможность возврата энергии обратно в сеть позволила бы значительно увеличить энергосбережение, но в настоящее время это требует применения довольно дорогостоящего оборудования и существенного изменения механической части привода [2].

Проведённый анализ показывает, что основным способом повышения энергосбережения в электроприводе является внедрение частотно-регулируемого привода. Традиционно сложилось, что при необходимости управлять скоростью вращения вала двигателя использовались двигатели постоянного тока. Асинхронные же двигатели использовались исключительно в нерегулируемом приводе. Однако развитие силовой электроники и микропроцессорной техники позволило создать относительно недорогие и достаточно надежные преобразователи частоты, способные регулировать скорость асинхронных двигателей. Появление преобразователей частоты способствовало не только внедрению регулируемого электропривода в областях, где использовались асинхронные двигатели, но и значительно потеснило позиции двигателей постоянного тока [3].

Таким образом, применение частотных преобразователей позволяет осуществлять плавное регулирование скорости вращения электродвигателя, что позволяет в большинстве случаев отказаться от использования редукторов, вариаторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры, что значительно упрощает управляемую механическую (технологическую) систему, повышает ее надежность и снижает эксплуатационные расходы; частотный пуск управляемого двигателя обеспечивает его плавный без повышенных пусковых токов и механических ударов разгон, что снижает нагрузку на двигатель и связанные с ним передаточные механизмы, увеличивает срок их эксплуатации, а также уменьшает потребление электроэнергии от источника, что положительно сказывается на энергосбережении.

### **Библиографический список**

1. Энергосберегающий электропривод // Проблемы энергосбережения [Электронный ресурс]. 2011. – URL: <http://rudocs.exbat.com> (дата обращения: 03.12.2012).
2. Типовое применение частотных преобразователей [Электронный ресурс]. 2010. – URL: <http://chastotnik.by> (дата обращения: 04.12.2012).
3. Энергосбережение – УП “Промэнергетика” // Регулируемый электропривод [Электронный ресурс]. 2011. – URL: <http://pe.by> (дата обращения: 03.12.2012).

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСФОРМАТОРОСТРОЕНИЯ

Студенты гр. 107629 А.С. Липский, В.В. Кривецкий

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Конструкция силовых трансформаторов как масляных, так и сухих уже более столетия является практически неизменной: магнитопровод, обмотки, бак (для масляных трансформаторов). Как отмечено в работе [1], «...все изменения там обычно не революционные, а эволюционные».

Эволюционность вектора развития конструкции силового трансформатора экономически определяется противоборством двух тенденций: 1) требование рынка к удешевлению трансформатора в целом как товара; 2) необходимость применения более дорогих технологий для изготовления трансформатора как товара с более привлекательными потребительскими свойствами [1].

В работе проведен анализ современного состояния рынка трансформаторостроения и определены основные направления в его развитии. Направления совершенствования силовых трансформаторов характеризуются изменением ряда технических показателей и совершенствованием элементов конструкции. Одна из существенных задач – уменьшение потерь энергии в трансформаторах, т.е. потерь холостого хода и короткого замыкания. Уменьшение мощности потерь холостого хода (потерь в магнитопроводе), очевидно, связано с изменением конструкции и материала магнитопровода.

Наиболее перспективный путь снижения затрат на производство и эксплуатацию силовых распределительных трансформаторов – это применение магнитопроводов из аморфных (нанокристаллических) сплавов [2], при этом обеспечивается более чем пятикратное снижение потерь холостого хода трансформаторов по сравнению с магнитопроводами из холоднокатаной электротехнической стали. Особенности аморфных сталей потребовали изменения конструкции магнитопровода. В связи с малой толщиной аморфный материал наиболее пригоден для витой конструкции магнитопровода, то есть для трансформаторов I–II габарита (до 1000 кВА).

К условно витой конструкции магнитопровода можно отнести технологию производства магнитопроводов *Unicore*, разработанную и запатентованную австралийской компанией *A.E.M.Cores* [2].

Технология *Unicore* является очень гибкой, высокоточной и надежной. Одним из основных преимуществ *Unicore*-технологии является получение минимальных потерь в сердечнике. Магнитный поток не преодолевает препятствие в виде воздушного зазора, а минует его, используя соседние несущие ленты (дорожки), которые в свою очередь таких препятствий в этом месте не имеют.

Второе направление уменьшения мощности потерь короткого замыкания – это новый тип трансформатора *DryFormer* (фирма *ABB Transformatoren*), обмотки которого выполняются из специального кабеля [2]. Этот кабель имеет многопроволочную медную или алюминиевую токопроводящую жилу, поверх которой наложен тонкий слой полупроводящего материала, что позволяет устранить неравномерность электрического поля, вызванного многопроволочностью жилы. Изоляция такой жилы изготавливается из полиэтилена, ее толщина выбирается из соображений электрической прочности (практически достижим уровень напряжения 220 кВ). Поверх изоляции наложен экран, выполненный также из полупроводящего материала, который заземляется, что обеспечивает рациональное распределение электрического поля.

В настоящее время разрабатывается новая технология сборки трансформатора без медной обмотки, которая призвана стать новым направлением в трансформаторостроении. Расчеты и изготовление трансформатора новой конструкции требуют и новых подходов, и новых методик. Поэтому перед непосредственным внедрением данной разработки необходимо решить ряд вопросов, связанных с дальнейшим усовершенствованием и обеспечением его работоспособности во всех режимах его работы в различных условиях эксплуатации.

Возможна конструкция однофазного трансформатора без медной обмотки. Для этого первичную и вторичную обмотки в виде единой концентрической системы, навитые из железного провода с лаковой изоляцией, необходимо «завязать в обезьяний узел». Такую конструкцию можно изготовить, укладывая обмоточные провода вдоль каркаса трансформатора по форме, напоминающей «обезьяний узел». Для удобства обмоточный провод перед намоткой трансформатора наматывают на челнок.

Концентрическая система обмоток трансформатора, завязанная по форме «обезьяний узел», имеет следующую особенность: каждый участок обмотки перпендикулярен по отношению к другим ее участкам. Это позволяет направить электрический ток и магнитный поток по одной ферромагнитной электропроводящей концентрической системе



обмоток. При этом направление электрического тока всегда пересекает магнитный поток под прямым углом, а это есть условие работоспособности трансформатора.

Проведенные исследования показали, что в настоящее время существует ряд направлений, определяющих будущее трансформаторостроения. Одним из таких направлений является технология *Unicore*, которая значительно сокращает время изготовления магнитопровода, складские издержки, упрощает процедуры проектирования и изготовления. Все эти параметры уменьшают себестоимость, не снижая качество готовой продукции, дают производству новые возможности, позволяют получать на одном унифицированном рабочем месте (одной машине) магнитопроводы и изготавливать продукцию самых разнообразных форм и типов: 1-фазные, 3-фазные, броневые трансформаторы и т.п.

### **Библиографический список**

1. Канарейкин А. «Умные» трансформаторы для «умной» энергетики // Энергетика и промышленность России. – 2012. – № 08 (196). – URL: <http://www.energocon.com/pages/id1184.html> (дата обращения: 21.11.2012).
2. Энергоэффективные силовые трансформаторы: тенденции развития конструкции и характеристик энергосбережения. – URL: <http://www.elec.ru/articles/energoeffektivnye-silovye-transformatory-tendencii/> (дата обращения: 23.11.2012).

## ОСОБЕННОСТИ И КОНСТРУКЦИЯ МНОГОУРОВНЕВЫХ АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Студент гр. 107639 М.И. Нехайчик

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетными направлениями в развитии науки и техники. Решение их проблем предполагает использование современных частотно-регулируемых приводов, источников освещения, автоматизации технологических процессов с применением электронно-вычислительной техники. Все эти потребители электрической энергии дороги, часто требуют нестандартных значений и изменения в процессе работы параметров питающего напряжения и предъявляют повышенные требования к его качеству [1]. Наиболее часто для питания таких потребителей используются преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока, состоящие из последовательно соединенных выпрямителя и автономного инвертора. Все большее распространение получают схемы, содержащие неуправляемые выпрямители и многоуровневые автономные инверторы напряжения (АИН) [2].

В работе проводится анализ особенностей проектирования многоуровневых инверторов с целью выбора оптимальных параметров, вида модуляции и схемотехнического решения.

При проектировании инвертора необходимо учитывать не только качество выходного напряжения и тока, но также его стоимость и массогабаритные показатели, а также предельную частоту коммутации ключей и их максимально допустимую мощность, определяемую типом используемых ключевых элементов инвертора (IGBT или MOSFET транзисторов).

Практически во всех выпускаемых в настоящее время АИН задача получения соответствующего стандарту качества выходного напряжения решается путем применения широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В то же время ШИМ имеет целый ряд недостатков [3], основными из которых являются высокие динамические потери в силовых ключах инвертора (IGBT или MOSFET транзисторах) и, как следствие, завышенная установленная мощность силового оборудования.

Альтернативным решением является использование амплитудно-импульсной модуляции (АИМ), становящейся все более предпочтительной с ростом номинальной мощности АИН [3].

В работах [4, 3] рассматривается вопрос о выборе оптимальных параметров многоуровневых АИН и способа синтеза многоуровневых инверторов напряжения. Предложенный алгоритм направлен на повышение обоснованности выбора параметров ШИМ инвертора напряжения с учетом количества уровней выходного напряжения, закона изменения длительности импульсов, момента коммутаций ключей. Алгоритм синтеза позволяет автоматизировать процесс проектирования по критерию качества выходного напряжения.

В работе [4] предложены способы увеличения напряжения в мостовых многоуровневых АИН с помощью новых схемотехнических решений. В настоящее время в электроприводе наибольшее распространение получают следующие электрические схемы многоуровневых АИН [1]:

- 1) трехуровневая мостовая схема с фиксацией нейтрали;
- 2) пятиуровневая мостовая схема, выполненная на базе трехуровневых схем с фиксацией нейтрали;
- 3) многоуровневая каскадная схема на базе унифицированных вентиляльных ячеек с многообмоточным трансформатором.

Каскадная схема позволяет при низком классе ключей получить высокое выходное напряжение, но обладает рядом недостатков: имеет большое количество полупроводниковых элементов, сложный многообмоточный трансформатор, не допускает двухстороннюю передачу энергии. В связи с этим представляются более перспективными мостовые схемы.

Таким образом, проведенное исследование наиболее распространенных схем многоуровневых инверторов напряжения позволило выявить их достоинства и недостатки, а также сформулировать выбор оптимальных параметров схем и системы управления силовыми ключами инверторов.

### **Библиографический список**

1. Многоуровневые автономные инверторы для электропривода и электроэнергетики / Н. Донской [и др.] // Силовая электроника. – 2008. – №1. – С. 43–46.
2. Карлов Б., Есин Е. Современные преобразователи частоты: методы управления и аппаратная реализация // Силовая электроника. – 2004. – №1. – С. 50–54.
3. Голембиовский Ю.М., Тимофеева О.В. Эволюционный синтез многофазных автономных инверторов напряжения // Электроника и информационные технологии: электр. науч. период. изд. – 2009. – Спец. вып. (6).
4. Голембиовский Ю.М., Щербаков А.А. К вопросу о выборе оптимальных параметров многоуровневого автономного инвертора напряжения // Вестник СГТУ. – 2011. – № 4. – С. 194–199.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Студенты гр. 107639 П.А. Абрамович, А.В. Кипеть

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В настоящее время во всём мире широко развивается электромобилестроение. Можно полагать, что в скором будущем на смену привычным двигателям внутреннего сгорания придут электромобили. Но, как всем известно, у электромобилей есть один большой недостаток – это сравнительно маленькое расстояние, которое может проехать электромобиль на одной зарядке [1].

Использование альтернативных видов энергии в настоящее время рассматривается как актуальный и перспективный вариант. Мировые запасы угля, газа и нефти не бесконечны, а атомная энергия на сегодняшний день теряет свои позиции. Она уже не считается самой дешевой, а ее получение далеко не безопасно. Источники альтернативной энергии в большинстве своем являются неисчерпаемыми, и процесс их эксплуатации не приносит вреда окружающей среде.

В настоящей работе будут рассмотрены инновационные методы и технологии, которые можно применить в электромобилях для их усовершенствования, а именно применение усовершенствованных альтернативных источников энергии.

Японская корпорация *Sharp* предлагает весьма необычное решение по внедрению альтернативных источников энергии. В компании начали изготавливать фотоэлектрические модули NA-B095AA из полупрозрачного стекла. Они, по сути, могут рассматриваться как солнечные панели нового поколения. Такие полупрозрачные панели частично затемняют помещение, что довольно востребовано в странах с высокой солнечной активностью, также их можно использовать как балконные ограды или декоративный элемент. Учитывая, что эти солнечные панели гибкие и полупрозрачные, их можно использовать вместо стекол электромобиля. Естественно, вместо лобового стекла такую панель нецелесообразно применять, а в остальном они будут выглядеть как обычные тонированные стекла. Что же касается производимого электричества, то один модуль размером 1,4×1 м может производить 95 Вт электроэнергии [2].

Помимо альтернативных источников энергии в электромобилях немаловажную роль играет и сам аккумулятор. Время обычной зарядки аккумулятора (до 16 А) составляет от 6 до 9 ч. Диапазон пробега

транспортного средства (согласно европейскому циклу NEDC) составляет около 170–200 км [3]. Но исследователи из Северо-Западного университета разработали новую технологию производства аккумуляторов, которая позволит электромобилям проезжать в 10 раз больше и заряжаться в 10 раз быстрее [4].

Новая технология, разработанная профессором Гарольдом Кунгом, позволяет увеличить емкость литий-ионной батареи, при этом увеличивая скорость зарядки и длительность сохранения заряда.

Такой аккумулятор, срок эксплуатации которого составляет 3–5 лет, способен повысить длительность работы мобильного телефона примерно до 7 дней при том, что его зарядка займет всего 15 мин. А электромобиль, оснащенный новой батареей, сможет проезжать до 800 км при длительности зарядки равной 10 мин.

Ученым удалось разместить кластеры кремния между двумя графеновыми слоями для того, чтобы сделать батарею более устойчивой и повысить емкость заряда, что позволило увеличить число литиевых ионов в электроде. В графеновых слоях были сделаны крошечные отверстия, через которые литиевые ионы получают кратчайший путь к аноду, благодаря чему существенно уменьшается время зарядки батареи.

Как сообщает Гарольд Кунг, даже после 150 перезарядок аккумулятора, что примерно соответствует одному году его использования, он все равно будет в 5 раз более эффективным, чем современные литий-ионные батареи [4].

Ещё одним современным альтернативным источником энергии является так называемый суперконденсатор. Суперконденсаторы – это конденсаторы, которые в отличие от обычных имеют очень большую емкость (исчисляемую в фарадах). Данное устройство уже используется в Е-мобилях – проект автомобиля, разрабатываемый в Российской Федерации. Они используют суперконденсатор как основное средство для накопления электрической энергии. Сами эти суперконденсаторы пока не выпускаются серийно и разрабатываются параллельно с автомобилем.

Что же касается срока службы, то он велик. Проводились исследования по определению максимального числа циклов «заряд–разряд». После 100 000 циклов не наблюдалось ухудшения характеристик.

Таким образом, если использовать все рассмотренные альтернативные источники энергии, можно повысить продолжительность его работы на одной зарядке, увеличить скорость зарядки и обеспечить возможность зарядки от такого источника энергии, как солнце, тем самым достичь большего эффекта в электромобилестроении.

## Библиографический список

1. Электромобили и все, что с ними связано [Электронный ресурс] // Недостатки электромобиля. – М., 2010. – URL: [http://www.electric-machines.ru/index.php/ component/content/article/38-2010-11-17-15-38-41/46-2010-11-17-15-39-09](http://www.electric-machines.ru/index.php/component/content/article/38-2010-11-17-15-38-41/46-2010-11-17-15-39-09) (дата обращения: 25.11.2012).
2. Экология и инновации [Электронный ресурс] // Новости и интересные факты. – Кишинев, 2012. – URL: (дата обращения: 25.11.2012).
3. Сайт про альтернативные источники энергии и виды транспорта на нем, традиционные и возобновляемые источники электрической энергии [Электронный ресурс] // Электрические автомобили (электромобили). – М., 2009. – URL: <http://www.cheburek.net/elektricheskie-avtomobili/peugeot-predstavlyaet-elektromobil-partner-electrique.html> – (дата обращения: 25.11.2012).
4. Новости об альтернативных источниках энергии, экологически чистых автомобилях и зеленых технологиях [Электронный ресурс] // Технологии. – М., 2011. – URL: <http://aenergytoday.com/uchenyie-razrabotali-v-10-raz-bolee-effektivnyie-akkumulyatoryi> (дата обращения: 25.11.2012).

# ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СВАРОЧНЫХ ИНВЕРТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Студенты гр. 107639 А.И. Головень, Д.Ю. Демидов

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Сварочные инверторы являются в настоящее время наиболее современным видом различных сварочных источников питания, отличаются они от других сварочных аппаратов хорошими сварочными свойствами, малой массой, компактностью и небольшим уровнем энергопотребления. Используются обычно сварочные инверторы как источники питания сварочных аппаратов во время проведения дуговой сварки плавлением, причем при всех ее методах [1].

В данной работе было произведено сравнение современных сварочных инверторов со сварочными аппаратами, которые пришли на смену используемым в промышленности, а также выявление преимуществ первых.

Сварочный инвертор позволяет осуществлять быструю и надежную сварку разного рода цветных металлов, чугуна, а также легированных и углеродистых сталей [2].

Это оборудование, широко применяемое для проведения ручной электродуговой или аргонодуговой сварки. Проводятся сварочные работы расходными или плавящимися электродами, работающими на постоянном токе. В зависимости от необходимости на этом оборудовании можно применять различный диаметр электродов [3].

Основными отличиями от аналогов и одновременно преимуществами инверторного сварочного аппарата являются его компактность и небольшой вес. Благодаря этому аппараты такого типа можно легко транспортировать и использовать в труднодоступных местах.

Обычные сварочные выпрямители, которые известны нам уже давно, имеют силовой трансформатор, который может работать при частотах напряжения до 50 Гц, а сварочный современный инвертор отлично использует в своей работе ток высоких частот, около десятков килогерц. То есть такое повышение частотного тока, который проходит сквозь силовой трансформатор, позволяет значительно уменьшать его массу и габариты. По сути, современный сварочный инвертор является устройством, которое преобразовывает постоянный электрический ток в переменный ток путём изменения величины токового напряжения. Современные сварочные инверторы можно применять, если во время

работ по сварке могут возникать скачки в напряжении или когда применяются длинные электрокабели. Все современные инверторы имеют цифровой блок управления, что позволяет контролировать параметры тока, который выдаётся. Инверторы отлично функционируют при больших нагрузках и в широком диапазоне тока [4].

Существует несколько типов инверторов, которые предназначены для различных работ – монтажные и ремонтные сварочные аппараты, оборудование для тяжелого производства или ремонта.

С помощью сварочного инвертора можно создать идеально ровную дугу. Современные модели этого оборудования можно использовать вместе с газовыми вентилями для сварки с помощью неплавящихся электродов, такие сварочные инверторы могут применяться почти везде [5].

Последние модели сварочных инверторов обладают удобной панелью управления, а также встроенной функцией, дающей возможность увеличить силу тока на небольшой промежуток времени во время зажигания дуги. Эта функция дает возможность добиться более красивого сварочного шва, также во многих моделях существует функция, дающая возможность увеличивать силу тока заранее на определенном этапе. Часто на панели управления сварочным инвертором можно найти ионизатор силы тока, который дает возможность индивидуально настроить устройство для более качественного и эффективного процесса сварки.

Сварочный инвертор защищён от тепловой перегрузки и оборудован системой принудительного обогрева. Кроме того, он имеет блок снижения напряжения холостого хода.

Сегодня существует множество производителей сварочных инверторов в разных странах мира: инверторы *Telwin* (Италия), инверторы *EWM* (Германия), инверторы *Kuhntreiber* (Чехия), инверторы *Сварог* (Китай), инверторы «*Неон*» (Россия) и др.

Проведенный анализ показал, что инверторные сварочные аппараты широко используются при проведении строительно-монтажных и ремонтных работ в промышленности. Также данные устройства находят свое применение и в личном пользовании граждан. Современная «начинка» и дизайн таких аппаратов делают процесс сварки простым, быстрым и надежным.

#### **Библиографический список:**

1. Сварочные инверторы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.svarmet.ru/chit20.php> (дата обращения: 08.10.2012).



2. Сварочный инвертор – современная технология сварки [Электронный ресурс]. – URL: <http://b2prom.ru/svarochnyj-invertor-sovremennaya-technologie-svarki/> (дата обращения: 08.10.2012).

3. Сварочные инверторы [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroymasterok.ru/259-svarochnye-inventory.html> (дата обращения: 08.10.2012).

4. Преимущества современных сварочных инверторов [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroimbani.ru/stati/stati5/preimushhestva-sovremennyh-svarochnyh-invertorov.html> (дата обращения: 03.12.2012).

5. Сварочный инвертор [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.proftool.by/index.php?option=com\\_virtuemart&page=shop.browse&category\\_id=47&Itemid=2](http://www.proftool.by/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=47&Itemid=2) (дата обращения: 03.12.2012).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ VACON В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Студент гр. 107619 А.В. Дементьев

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Преобразователи частоты для асинхронных двигателей, инверторы для асинхронных двигателей, частотно-регулируемые приводы (ЧРП) – все это названия устройств, предназначенных для плавного управления скоростью вращения асинхронного электродвигателя за счет преобразования входного напряжения (220 или 380 В и более) в импульсное выходное с заданной частотой (от 0 до 300–600 Гц). Частотные преобразователи обеспечивают плавный пуск и торможение электродвигателя, позволяют менять направление вращения при обеспечении технологического процесса. Важными преимуществами применения ЧРП являются экономия электроэнергии в случае переменной нагрузки электродвигателя, возможность удаленной диагностики и управления по промышленной сети [1].

Кроме этого за счёт плавного пуска значительно снижаются гидроудары. Применение обратной связи системы с частотным преобразователем обеспечивает качественное поддержание скорости двигателя или регулируемого технологического параметра при переменных нагрузках и других возмущающих воздействиях.

В данное время на рынке автоматизации присутствует одна из известных фирм – *Vacon*. В настоящей работе рассмотрены особенности и преимущества преобразователей, выпускаемые данной фирмой. Основные параметры преобразователей частоты (ПЧ) приведены на рисунке.

Тип преобразователя	Перегрузочная способность					Мощность на валу двигателя		Типоразмер	Габариты, Ш×В×Г (мм)
	Низкая (+40°C)		Высокая (+50°C)		Сеть 400 В				
	Номинальный длительный ток $I_n$ (А)	10 % ток перегрузки (А)	Номинальный длительный ток $I_n$ (А)	50 % ток перегрузки (А)	10 % ток перегрузки P (кВт)	50 % ток перегрузки P (кВт)			
NXS 0003 5A2H1 SSS	3,3	3,6	2,2	3,3	4,4	1,1	0,75	FR4	128×292×190
NXS 0004 5A2H1 SSS	4,3	4,7	3,3	5,0	6,2	1,5	1,1	FR4	128×292×190
NXS 0005 5A2H1 SSS	5,6	6,2	4,3	6,5	8,6	2,2	1,5	FR4	128×292×190
NXS 0007 5A2H1 SSS	7,6	8,4	5,6	8,4	10,8	3	2,2	FR4	128×292×190
NXS 0009 5A2H1 SSS	9	9,9	7,6	11,4	14	4	3	FR4	128×292×190
NXS 0012 5A2H1 SSS	12	13,2	9	13,5	18	5,5	4	FR4	128×292×190
NXS 0003 5A2H1 SSS	16	17,6	12	18,0	24	7,5	5,5	FR5	144×391×214
NXS 0004 5A2H1 SSS	23	25,3	16	24,0	32	11	7,5	FR5	144×391×214
NXS 0005 5A2H1 SSS	31	34	23	35	46	15	11	FR5	144×391×214
NXS 0003 5A2H1 SSS	38	42	31	47	62	18,5	15	FR6	195×519×237
NXS 0004 5A2H1 SSS	46	51	38	57	76	22	18,5	FR6	195×519×237
NXS 0005 5A2H1 SSS	61	67	46	69	92	30	22	FR6	195×519×237
NXS 0003 5A2H0 SSS	72	79	61	92	122	37	30	FR7	237×591×257
NXS 0004 5A2H0 SSS	87	96	72	108	144	45	37	FR7	237×591×257
NXS 0005 5A2H0 SSS	105	116	87	131	174	55	45	FR7	237×591×257
NXS 0003 5A2H0 SSS	140	154	105	158	210	75	55	FR8	291×758×344
NXS 0004 5A2H0 SSS	170	187	140	210	280	90	75	FR8	291×758×344
NXS 0005 5A2H0 SSS	205	226	170	255	336	110	90	FR8	291×758×344

Рис. Основные параметры ПЧ

На долю электропривода приходится до 60–70 % электроэнергии, потребляемой на предприятии. Наиболее высоким потенциалом энергосбережения, ввиду продолжительного режима работы и массового применения, обладают именно производственные агрегаты, работающие в продолжительном режиме с изменяющейся производительностью. Они используются практически во всех отраслях, и это насосы; дымососы и вентиляторы; вентиляторы градирен; поршневые компрессоры и пр. [2].

Изучение энергоэффективных решений преобразователей *Vacon* позволило выявить ряд преимуществ, свойственных им: снижение ударных нагрузок при пусках, технологические эффекты за счет плавного регулирования скорости, экономия электроэнергии. На примере мощности агрегатов от 400 до 1000 кВт напряжением 6 кВ можно привести следующие данные об эффективности решений *Vacon*: «Цена установки системы частотного регулирования на 500 кВт напряжением 6 кВ составляет порядка 250–270 тыс. долл. При этом стоимость годового снижения потребления энергии в год составит порядка 150 тыс. долл. Период окупаемости системы от 1,5 до 2 лет (в зависимости от интенсивности эксплуатации агрегата)». С учётом общей высокой надёжности преобразователя этот период может быть ещё меньше [3].

В результате проведённого анализа особенностей и преимуществ частотно-регулируемых приводов фирмы *Vacon* можно сделать вывод о том, что, несмотря на всё многообразие конкурентов на рынке, преобразователи этой фирмы являются удачным техническим решением благодаря своей простоте, надёжности и экономичности.

### **Библиографический список:**

1. Управляя скоростью. Теория и практика управления частотно-регулируемым приводом // Фирма элком-статьи [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.elcomspb.ru/press\\_centre/pressa/1791](http://www.elcomspb.ru/press_centre/pressa/1791) (дата обращения: 03.12.2012).

2. Системы управления насосами *Vacon 100* // Новости о продукции фирмы «Компэл» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compel-avtomatika.ru/news/347941/> (дата обращения: 03.12.2012).

3. Итоги совместного семинара RS Group и *Vacon* «Программа перехода к частотному регулированию производительности силовых агрегатов на предприятиях горно-металлургического комплекса» // Электротехнический портал рынка России – новости электротехники от 20.06.2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elec.ru/news/2011/06/20/itogi-sovmestnogo-seminara.html> (дата обращения: 03.12.2012).

## **АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Студент гр. 107619 В.В. Ярец**

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Автономные энергоустановки мощностью от нескольких сотен ватт до нескольких сотен киловатт являются широко востребованными в различных секторах экономики и географических регионах Беларуси. Сегодня энергоснабжение автономных потребителей обеспечивается в основном с помощью бензиновых и дизель-генераторов, эксплуатация которых сопряжена с большими затратами на периодический завоз топлива и обслуживание. Дополнительными негативными факторами использования таких установок являются выбросы продуктов сгорания в окружающую среду и шум. Серьезной экологической проблемой является загрязнение окружающей среды топливными контейнерами [1].

В последнее время все более широкое применение находят комбинированные дизель-ветровые или дизель-фотоэлектрические автономные энергоустановки, использование в которых возобновляемых источников позволяет экономить органическое топливо. Однако такие технические решения не приводят к кардинальному решению проблемы. Они несут с собой большинство существенных недостатков, характерных для традиционных установок на привозном органическом топливе.

Целью данной работы является анализ возможности создания автономных энергоустановок, работающих на основе топливных элементов [2].

На сегодняшний день самым мощным источником энергии являются ископаемые углеводороды (дизельное топливо, природный газ), однако существующие технологии автономного электроснабжения позволяют извлечь из них лишь треть потенциальной энергии.

Существуют системы утилизации тепловой энергии установок, позволяющие поднять использование энергии топлива до 90–95 %, но их использование затруднительно в поселениях, где отсутствует централизованная система теплоснабжения. Двигатели внутреннего сгорания и турбины нуждаются в дорогостоящем периодическом обслуживании (смена масла, расходных материалов), наносят вред окружающей среде посредством выбросов выхлопных газов и создания шума. Перспективным направлением развития отрасли автономных источников энергии являются топливные элементы (ТЭ) – источники, работающие по принципу прямого преобразования химической энергии топлива в электро-

энергию. Существует ряд признаков, по которым классифицируются ТЭ: по рабочим температурам (низкотемпературные – до 100 °С, среднетемпературные – до 250 °С, высокотемпературные – до 1000 °С); по типу ионного проводника-электролита (щелочной, кислотный, твердополимерная мембрана, расплавленные карбонаты, твердооксидная керамика); по виду получения топлива.

Несмотря на то, что к настоящему времени разработано большое число различных типов топливных элементов, интерес с точки зрения практического применения представляют лишь несколько типов, а именно: низкотемпературные топливные элементы со свободным и со связанным щелочным электролитом и топливные элементы с твердополимерной ионообменной (протонопроводящей) мембраной; среднетемпературные топливные элементы с фосфорно-кислым электролитом; высокотемпературные топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом и твердооксидным керамическим электролитом. Примечательно, что топливом могут быть любые углеводороды (природный и попутный газ, дизельное топливо, метанол).

Преимуществами топливных элементов в сравнении с традиционными автономными источниками энергии являются:

- эффективное использование топлива и высокий КПД (до 70 %);
- меньшие выбросы в атмосферу;
- меньшие показатели шума и вибрации;
- высокая маневренность во всем диапазоне нагрузок;
- низкие затраты на эксплуатацию.

Наиболее перспективный топливный элемент – SOFC [3]. Это твердооксидный топливный элемент, использующий любое газообразное топливо, наиболее пригодный для сравнительно крупных установок. Его КПД по электроэнергии составляет 50–55 %, а при использовании в установках комбинированного цикла – до 65 %. Рабочая температура 980–1000 °С, электролит – твердый цирконий, стабилизированный иттрием.

В 2009 году была разработана новая энергоустановка на твердооксидных элементах, работающая при атмосферном давлении. Батарея (электрохимический генератор) мощностью энергоустановки 250 кВт с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла включала в себя 2304 твердооксидных трубчатых элемента. Кроме того, в состав установки входили инвертор, регенератор, подогреватель топлива (природного газа), камера сгорания для подогрева воздуха, теплообменник для подогрева воды за счет тепла уходящих газов и другое вспомога-

тельное оборудование. При этом габаритные размеры установки были вполне умеренными: 2,6×3,0×10,8 м [3].

Но самым важным аргументом в пользу топливных элементов являются их экологические характеристики. Выбросы CO на этих установках очень малы, что является явным достоинством данного вида источника электроэнергии. Многочисленные преимущества топливных элементов, к сожалению, не могут в настоящее время перевесить их единственный недостаток – высокую стоимость.

Из проведенного анализа можем установить, что топливные элементы – это перспективный вид энергопроизводящего оборудования как для промышленности, так и для автономных установок коммунально-бытового сектора. Высокий КПД использования газа и превосходные экологические характеристики дают основания полагать, что после решения важнейшей задачи – снижения стоимости – этот вид энергетического оборудования будет востребован на рынке автономных систем тепло- и электроснабжения.

### **Библиографический список**

1. Школа для Электрика. Все Секреты Мастерства // Преимуществами топливных элементов [Электронный ресурс]. – URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/843-dlja-chego-nuzhen-plavnyjj-pusk.html> (дата обращения: 01.12.2012).

2. Электротехническая компания Энерго-Профи // Повышение коэффициента полезного использования электроэнергии [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energyprofy.ru/content/articles/95/> (дата обращения: 03.12.2012).

3. Википедия, свободная энциклопедия // Устройство плавного пуска [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Устройство\\_плавного\\_пуска](http://ru.wikipedia.org/wiki/Устройство_плавного_пуска) (дата обращения: 02.12.2012).

# ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Студент гр.107619 А.В. Радченко

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Энергосбережение, точнее, рационализация производства, распределения и использования всех видов энергии, стало одним из основных приоритетных направлений технической политики во всех развитых странах мира. Поэтому требуется разработка новых подходов к совершенствованию АД, предназначенных для регулируемого электропривода.

Асинхронный электродвигатель как электромеханический преобразователь энергии является основным устройством, входящим в состав электропривода. Объект нашего внимания – АД с короткозамкнутым ротором. Происходящие экономические изменения определили необходимость совершенствования АД и определили новые направления их разработки. Основным направлением совершенствования стандартных АД является повышение энергоэффективности [1]. Энергоэффективность АД характеризуется уровнем КПД ( $\eta$ ) и коэффициентом мощности ( $\cos\phi$ ). В последнее время появилось новое направление в создании энергосберегающих АД – это проектирование АД с большими, по сравнению с базовыми машинами, массогабаритными показателями. Для создания энергосберегающих АД для работы в системе регулируемого электропривода возможны следующие пути их проектирования [2]:

- без изменения поперечной геометрии при изменении длины сердечников статора и ротора;
- без изменения поперечной геометрии при изменении длины сердечников статора и ротора, а также изменении обмоточных данных машины;
- с изменением поперечной геометрии статора и ротора.

Критерием экономической эффективности при выборе наилучшего варианта служат наименьшие приведенные затраты на разработку, внедрение, изготовление и эксплуатацию двигателя за нормативный срок окупаемости [3]. Кроме того, принимается во внимание предварительная стоимость двигателя, которая учитывает полную себестоимость двигателя, а также норму прибыльности предприятия производителя.

Реализация предложенного направления совершенствования АД для регулируемого электропривода, связанного с увеличением массогабаритных показателей АД, позволяет спроектировать машину, обладаю-

щую улучшенными энергетическими характеристиками и меньшими затратами, приходящимися на срок эксплуатации. При этом лучшие энергетические показатели получаются при одновременном изменении длины сердечников и числа витков в фазе обмотки статора.

Улучшенные энергетические характеристики позволяют уменьшить затраты, приходящиеся на срок эксплуатации, что компенсирует увеличение стоимости асинхронного двигателя. Стоимость асинхронного двигателя для любого варианта расчета оказывается выше, чем у аналога, за счет увеличения расхода активных материалов, а также роста трудовых затрат. Но некоторое увеличение стоимости спроектированного асинхронного двигателя компенсируется уменьшением затрат, приходящимся на срок эксплуатации для вариантов расчета с уменьшенным числом витков в обмотке фазы статора.

В дальнейшем предполагается реализация направления совершенствования АД, связанного с проектированием энергосберегающих АД при изменении поперечной геометрии статора и ротора. Это позволит перейти на высокий уровень КПД. Однако для этого потребуются проведение дополнительных научных исследований.

### **Библиографический список**

1. Липатов Ю.А. Энергосбережение: реальность и перспективы // Приложение к журналу «ТЭК и ресурсы Кузбасса». – 2005. – № 2. – С. 22–25.

2. Муравлев О.П., Муравлева О.О., Тютёва П.В. Асинхронные двигатели как основа энергосберегающих технологий в регулируемом электроприводе // Актуальные проблемы ресурсо и энергосберегающих технологий: труды всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ – УПИ, 2006. – С. 286–291.

3. Муравлева О.О., Усачева Т.В. Оценка экономической эффективности при изготовлении асинхронных двигателей // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 1. – С. 186–189.



# ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Студенты гр. 107639 В.В. Рудник К.В. Скабейко

Научный руководитель – ассистент *Д.С. Однолько*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В настоящее время при проектировании асинхронных шахтных механизмов высокое применение получили высоковольтные электродвигатели с фазным ротором (АД ФР), которые обладают рядом превосходных качеств для применения в горно-добывающей отрасли, в частности, для управления шахтными подъемными машинами (ШПМ). Особое значение имеют высокий пусковой момент, почти достигающий опрокидывающего момента, а также возможность управления моментом электродвигателя при неподвижном вале и при малых скоростях вращения без датчика скорости (энкодера). Это свойство наиболее важно при модернизации электроприводов подъемных машин без замены работающих электродвигателей с фазным ротором, которые не имеют встроенного энкодера [1].

В данной работе будут рассмотрены вопросы развития электропривода с АД ФР и транзисторными инверторами напряжения по мере их совершенствования, а также описаны технические решения, позволяющие повысить надежность электропривода ШПМ на принципе ЭП «Эратон». Специалисты на протяжении ряда лет разрабатывают способы и устройства для управления ШПМ с приводными высоковольтными АД ФР на базе транзисторных инверторов напряжения (ИН) [2]. К настоящему времени накоплен определенный положительный опыт создания систем электропривода для ШПМ с высоковольтными АД ФР и транзисторными инверторами напряжения. В частности, разработан, прошел опытно-промышленную эксплуатацию и работает двухдвигательный электропривод клетевой шахтной подъемной машины с АД ФР мощностью 630 кВт [3].

Исследование рынка подъемных ЭП позволило выявить на рынке технических решений преобразователь «Эратон», который создан с целью повышения надежности и качества работы шахтных подъемных машин, экономии потребления электроэнергии более чем на 30 %, со-

кращения эксплуатационных расходов [2]. Он повышет производительности шахтных подъемных установок, а также сроки службы элементов механического оборудования и уменьшает простои, связанные с их выходом из строя благодаря плавному выбору люфтов, зазоров и «преднатяжению» элементов передачи с программируемым темпом в процессе запуска.

Для успешной конкуренции среди электроприводов шахтных подъемных машин частотно-регулируемый электропривод с высоковольтными АД ФР должен обладать рядом тактико-технических показателей, основными из которых являются [3]:

- 1) высокая управляемость моментом электродвигателя при нулевой скорости вала;
- 2) высокая управляемость моментом электродвигателя на малых скоростях вращения вала;
- 3) высокий пусковой момент электродвигателя для быстрого разгона сосуда ШПМ;
- 4) стабилизация скорости электродвигателя, близкая к синхронной, при меняющейся нагрузке;
- 5) замедление скорости электродвигателя с рекуперацией энергии с вала в питающую сеть;
- 6) реверс направления вращения вала электродвигателя с минимальными задержками;
- 7) минимальные потери электроэнергии в элементах электропривода при работе ШПМ;
- 8) минимальное потребление реактивной мощности электроприводом или ее генерирование;
- 9) участие в предохранительном торможении ШПМ совместно с механическим тормозом;
- 10) минимальная стоимость и быстрая окупаемость затрат на электропривод [1].

Проведенные исследования показали, что ЭП «Эратон» имеет достаточную низкую стоимость за счет небольшого напряжения ротора и возможности использования согласующего трансформатора меньшей мощности и стоимости. Это обеспечивает меньший срок окупаемости затрат на приобретение электропривода по сравнению с конкурентами и при этом обеспечивает экономию электроэнергии как за счет возврата

мощности скольжения ротора в питающую сеть, так и за счет рекуперативного торможения электропривода [3].

### **Библиографический список**

1. Электропривод «Эратон»: понятие, разработка // Статья ЗАО «ЭРАСИБ» [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.coal.dp.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12317:erasib&catid=39:ktmining&Itemid=37](http://www.coal.dp.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=12317:erasib&catid=39:ktmining&Itemid=37)"view=article (дата обращения: 04.11.2012).

2. Частотный роторный электропривод шахтной подъемной машины: цель создания // Статья ЗАО «ЭРАСИБ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.metaprom.ru/industry452555.html> (дата обращения: 04.11.2012).

3. ЭРАТОН-ФР: преобразователи частоты для двигателей с фазным ротором: цель создания, преимущества, заключение // Статьи ЗАО «ЭРАСИБ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://erasib.ru> (дата обращения: 04.11.2012).

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

Студент гр. 107619 А.Л. Сасов

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Частотно-регулируемый привод – система управления частотой вращения ротора асинхронного (или синхронного), которая состоит из собственно электродвигателя и частотного преобразователя. Частотный преобразователь – это устройство состоящее из выпрямителя, преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и автономного инвертора, преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды.

Данная работа посвящена вопросам применения технологии рекуперативного торможения в частотных электроприводах в целях экономии. Кроме того, рассмотрены различные способы применения метода торможения и его достоинства.

При векторном управлении асинхронными двигателями обеспечивается управление магнитным потоком ротора, в результате происходит замедление/торможение электродвигателя, и он начинает работать как генератор, преобразуя механическую энергию в электрическую, которая в итоге рассеивается на тормозном резисторе. Данный тип торможения называется рекуперативным. Типичными установками, в которых циклы разгона чередуются с циклами замедления, являются тяговый привод электротранспорта, подъёмники, лифты, центрифуги, намоточные машины и т.п. Функция электрического торможения вначале появилась на приводе постоянного тока (например, в тяговом электроприводе). В конце XX века появились преобразователи частоты со встроенным рекуператором, которые позволяют возвращать энергию, полученную от двигателя, работающего в режиме торможения, обратно в сеть. В этом случае установка начинает «приносить деньги» фактически сразу после ввода в эксплуатацию. Частотный преобразователь для низких и средних диапазонов мощностей представляет собой инвертор со встроенной функцией возврата (рекуперации) запасенной энергии от двигателя в сеть. Новаторская идея совместить обычный инвертор (например, серия частотных преобразователей *Mitsubishi FR-A740* [1]) с устройством возврата энергии позволяет отказаться от громоздких тормозных резисторов и значительно уменьшить время останова привода. Рекуперированная энергия не рассеивается через тормозной резистор,

а используется другими потребителями в системе или возвращается обратно в электрическую сеть. Таким образом, можно сэкономить 40 % от стандартного потребления энергии. При этом можно видеть общий объем не только потребленной энергии, но и энергии, переданной обратно в сеть при торможении. Кроме экономии энергии, денежных средств и снижения выделения тепла инвертор позволяет значительно увеличить скорость торможения двигателя. Такой вид торможения используется во всех известных марках электромобилей и гибридов: *Nissan Leaf*, *Chevrolet Volt*, *Mitsubishi i-MiEV* и других [2]. Для сбережения и накопления энергии ее в аккумуляторах для дальнейшего использования требуются две системы торможения: рекуперативная система и торможение трением. Первой вступает в действие рекуперативная система, то есть вместо классического тормозного механизма в виде диска или барабана выступает компактный электрогенератор, который на первом этапе торможения, когда скорость вращения колес еще достаточно высока, преобразует энергию вращения колеса в электроэнергию и тем самым создает тормозное усилие на колесе. Ещё одним примером экономии является новая разработка компании *Mazda* – конденсаторная система рекуперативного торможения с использованием конденсаторов «i-ELOOP». При постоянном ускорении и торможении, что реально осуществляется в дорожных условиях, «i-ELOOP» позволит сэкономить топливо до 10 % [3].

Таким образом, в работе были рассмотрены различные виды применения рекуперативной системы торможения, а также определены её достоинства. На основании этого можно установить, что рекуперативное торможение нашло широкое применение в различных отраслях промышленности и является хорошим примером экономии энергии в повседневной жизни.

### **Библиографический список**

1. Mitsubishi Electric [Электронный ресурс] // Factory Automation. – Россия, 2005. – URL: <http://www.mitsubishiautomation.ru> (дата обращения: 26.11.2012).
2. Mazda [Электронный ресурс] // Официальный сайт Mazda – Россия, 2007. – URL: <http://www.mazda.ru> (дата обращения: 21.11.2012).
3. ЭС Петербург [Электронный ресурс] // Электротехнические системы Петербург – Россия, 2007. – URL: <http://esspb.ru> (дата обращения: 24.11.2012).

## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПЕРЕДАЧИ БЕСПРОВОДНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Студенты гр. 107639 В.Н. Стома, А.Ю. Шилович

Научный руководитель – ассистент Д.С. Однолько

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В настоящее время стала актуальной тема использования беспроводного электричества – способ передачи электрической энергии, в котором не используются токопроводящие элементы в электрической цепи. Беспроводная передача энергии позволяет транспортировать электроэнергию на большие расстояния, при этом предполагает минимальные денежные средства. Технический результат заключается в обеспечении гарантированного питания беспроводного оборудования, а также упрощения и понижения материалоемкости транспортного канала электричества [1].

В работе произведен анализ особенностей беспроводной передачи электроэнергии на основе вихревых каналов и беспроводных устройств [2, 3].

Первый способ передачи электроэнергии [2], включающий в себя перенос электрической энергии от источника к приемнику, заключается в том, что по линии между источником и приемником электроэнергии формируется, по крайней мере, один вихревой канал из текучей окружающей среды. Он вращается вокруг продольной оси с частотой, равной частоте электромагнитного резонанса трансформаторов на передающем и приемном концах, переносящим реактивный ток резонансных максимумов от передатчика к приемнику, преобразующему энергию электромагнитных колебаний в активный ток для полезного использования.

Второй тип технологий беспроводной передачи энергии связан с воздействием на беспроводные зарядные устройства [3]. Беспроводная зарядная система содержит на питающей стороне узкополосный высокочастотный генератор с излучающей антенной, а на стороне зарядного блока – приемную антенну. В свою очередь она соединена с инвертором напряжения, выход которого совмещен с входом контроллера заряда-разряда. Он же соединен с блоком аккумуляторов или с блоком ионизаторов, при этом инвертор содержит на входе выпрямитель и импульсный умножитель напряжения, содержащий  $n$  каскадов, каждый из которых содержит последовательно соединенные первый диод, накопительный конденсатор и второй диод, включенный согласно с первым.

Главными недостатками беспроводной передачи энергии, включающей в себя перенос электрической энергии от источника к приемнику, являются наличие фиксированных инверторов, потери при передаче, наличие фиксированного изолированного проводящего канала, сложность его перемещения, ремонта и замены. Но такой способ передачи энергии очень востребован в наше время, и общество старается всеми силами устранить проблемы, связанные с таким методом передачи электричества. Достоинством является отсутствие потребности прокладки транспортного канала электричества.

Проведенный анализ систем беспроводной передачи энергии показал, что использование таких технологий предоставляет потребителю большие возможности: находясь в любой точке мира можно пользоваться электротехническими приборами, не задумываясь о том, каким образом запитать их электричеством.

### **Библиографический список**

1. Беспроводное электричество: Характеристики – Примеры – Расчеты [Электронный ресурс]. – URL: [http://modusponens.info/2010/05/wireless\\_electricit/](http://modusponens.info/2010/05/wireless_electricit/) (дата обращения: 24.11.2012).
2. Способ и устройство для беспроводной передачи электроэнергии [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2322745.html> (дата обращения: 08.08.2012).
3. Беспроводная зарядная система [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.ntpo.com/patents\\_electricity/electricity\\_5/electricity\\_304.shtml](http://www.ntpo.com/patents_electricity/electricity_5/electricity_304.shtml) (дата обращения: 08.10.2012).

## СОЗДАНИЕ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ КАК ИНСТРУМЕНТА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**Студентка гр. АТПП-12м Е.А. Выголова**

Научные руководители: старший преподаватель *Д.К. Елтышев*,  
канд. техн. наук, доцент *А.В. Кычкин*

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности (ЭПЭЭ) на сегодняшний день находятся среди ключевых направлений развития экономики как отдельных регионов, так и России в целом. Особо значимыми являются мониторинг энергетических показателей и управление процессом энергосбережения [1, 2]. Для решения этой задачи на практике представляется перспективным подход поддержки процесса энергосбережения на основе распределенной системы ситуационного управления объектами энергетики.

Реализация ситуационного управления возможна при наличии развитой взаимодействующей инфраструктуры ситуационных центров (СЦ). Создание СЦ как элемента информационной системы управления энергосбережением – одна из актуальнейших задач повышения эффективности управленческой деятельности региона. И заключается она в необходимости обеспечения и организации деятельности всех участников процессов ЭПЭЭ.

**Ситуационный центр – решение актуальных проблем процессов энергосбережения в регионах.** Понятие СЦ как одной из современных форм реализации системы поддержки принятия решений, основанной на технологиях моделирования и анализа ситуаций, позволяет применить его функционал для энергосбережения за счет концентрированного представления информации и интегрального управления [3]. Тогда создание СЦ [4, 5] как инструмента поддержки процесса энергосбережения позволит гарантированно разрешить ряд проблем ЭПЭЭ регионов:

- отсутствие налаженной системы мониторинга использования топливно-энергетических ресурсов на всех уровнях управления объектом, в том числе отсутствие четко отлаженного механизма обработки, сбора и хранения оперативной информации о потреблении и производстве топливно-энергетических ресурсов;
- непрерывное совершенствование законодательства в сфере энергосбережения и отсутствие четких форм отчетности о достижении показателей исполнения программ энергосбережения;



– широта и масштабность реализуемых функций по управлению процессом энергосбережения, значительное количество взаимодействующих субъектов;

– низкий уровень взаимодействия и координации всех участников процесса ЭПЭЭ на объекте и, как следствие, отсутствие или существенный недостаток качественной (однозначной) информации, необходимой для анализа потенциала энергосбережения, формирования и построения трендов ключевых индикаторов, расчета показателей реализации программ энергосбережения;

– низкий уровень заинтересованности и мотивации ответственных участников процесса ЭПЭЭ объекта;

– несоответствие существующих механизмов согласованного взаимодействия и координации участников процесса энергосбережения и мониторинга реализации законодательства в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

**Бизнес-процессы функционирования СЦ как инструмента поддержки процесса энергосбережения.** СЦ предусматривает сбор, анализ, обработку, сведение в отчет разрозненной информации, предоставленной функциональными подразделениями, муниципальными предприятиями и учреждениями об энергетических показателях. При этом направления действий должны сводиться, в частности, к следующему:

– получение от функциональных подразделений, органов, муниципальных предприятий и учреждений информации о ходе проведения мероприятий по энергосбережению;

– анализ и независимая оценка показателей результативности и эффективности мероприятий, их соответствие индикаторам и показателям;

– представление сводного отчета о ходе и результатах реализации муниципальной программы по энергосбережению, содержащего перечень выполненных мероприятий с указанием объемов и источников финансирования и анализ причин несвоевременного выполнения мероприятий (при наличии) в функциональный орган, выступивший муниципальным заказчиком СЦ;

– рекомендации уполномоченному органу о дальнейшем порядке реализации муниципальной программы по энергосбережению, о корректировке программы, об объеме и структуре бюджетного финансирования муниципальной программы по энергосбережению;

– информационное обеспечение реализации мероприятий функциональными подразделениями, органами, муниципальными предприятиями и учреждениями: методическое, консультационное сопровождение;

опубликование в СМИ сведений о программах мероприятий и способов по энергосбережению, результатов реализации программы по энергосбережению; пропаганда и социальная реклама энергосбережения;

– обучение ответственных за проведение мероприятий по энергосбережению лиц;

– формирование сведений (отчета), предоставляемых органами местного самоуправления оператору государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (Министерство энергетики РФ) [6, 7].

**Моделирование деятельности СЦ.** С учетом обозначенных выше бизнес-процессов целесообразным является разработка наглядной модели процесса функционирования СЦ, отражающей последовательность и координацию основных операций и информационных потоков. Подобная модель реализуется с использованием методологии функционального моделирования IDEF [8, 9, 10].

Диаграмма первого уровня построена в формате IDEF0 (рис. 1). Данная модель отображает структуру процессов и функций рассматриваемой системы в виде набора взаимосвязанных функциональных блоков и представляет собой обобщенную модель бизнес-процессов СЦ.

Для реализации данного процесса система должна обладать:

– определённым набором входных, выходных данных;

– наличием элементов, регламентирующих и управляющих работой процесса;

– набором средств, механизмов, необходимых для функционирования процесса.

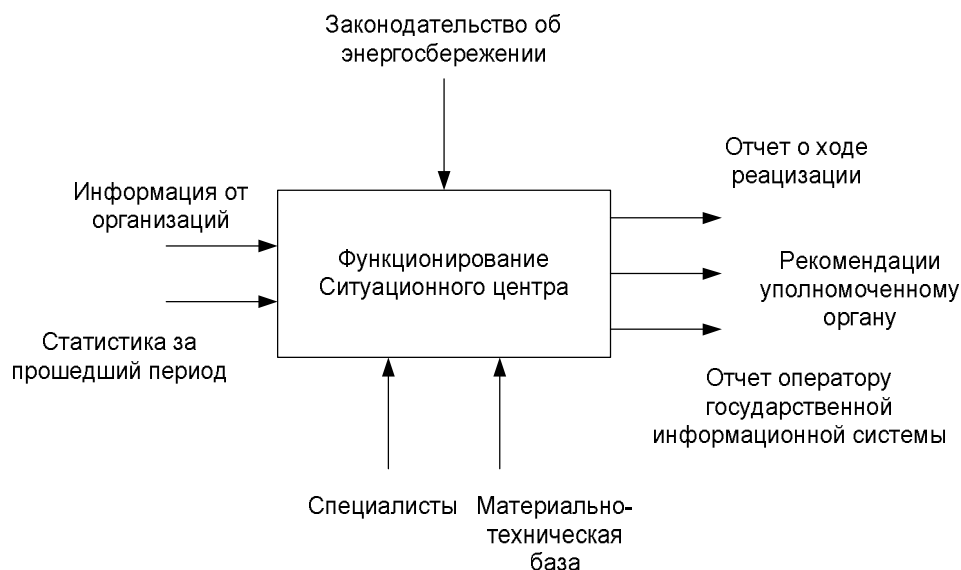


Рис. 1. Контекстная диаграмма ситуационного центра (А-0)

Модель включает процессы мониторинга реализации процесса энергосбережения и повышения энергетической эффективности как базовый функционал работы СЦ (рис. 2).

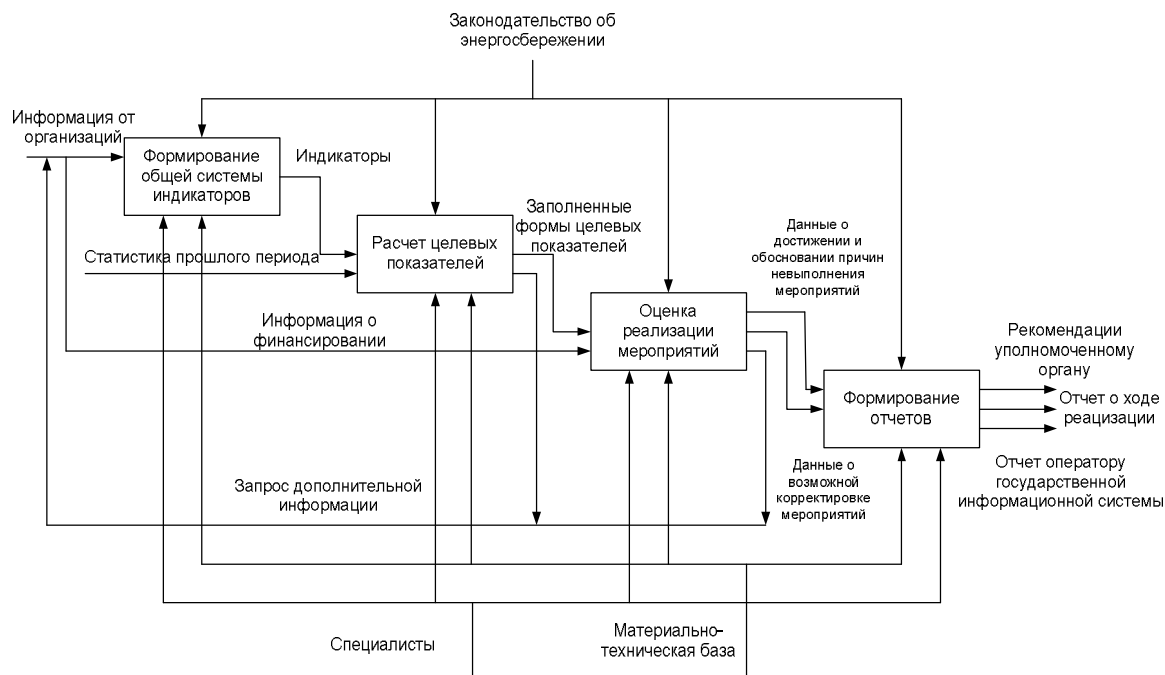


Рис. 2. Декомпозиция функционирования СЦ (А-1)

**Создание единого информационного пространства для процессов энергосбережения.** Создание и работа СЦ по управлению энергосбережением подразумевают формирование информационного пространства, частью которого являются база данных (БД) и подсистема обработки информации.

БД является ядром информационного пространства (рис. 3), содержащего всю необходимую для обеспечения функционирования деятельности СЦ информацию. В БД содержатся отчеты организаций за контрольные периоды: данные об объемах потребления энергоресурсов (электроэнергия, газ, вода, тепло), средневзвешенных тарифах на энергоресурсы, площадях бюджетных учреждений, численности сотрудников бюджетных учреждений, расходах энергоресурсов в денежном выражении; данные о мероприятиях для каждой организации, а также объемах и источниках финансирования.

Важным является то, что структура БД предусматривает возможность аккумулирования данные как от предприятий и организаций, обязанных предоставлять информацию в СЦ, так и от других организаций, предоставляющих эту информацию на добровольной основе. Также

в БД хранится информация, необходимая для подготовки отчетов для городской информационной системы, обозначенной на рис. 3 – ГИС.

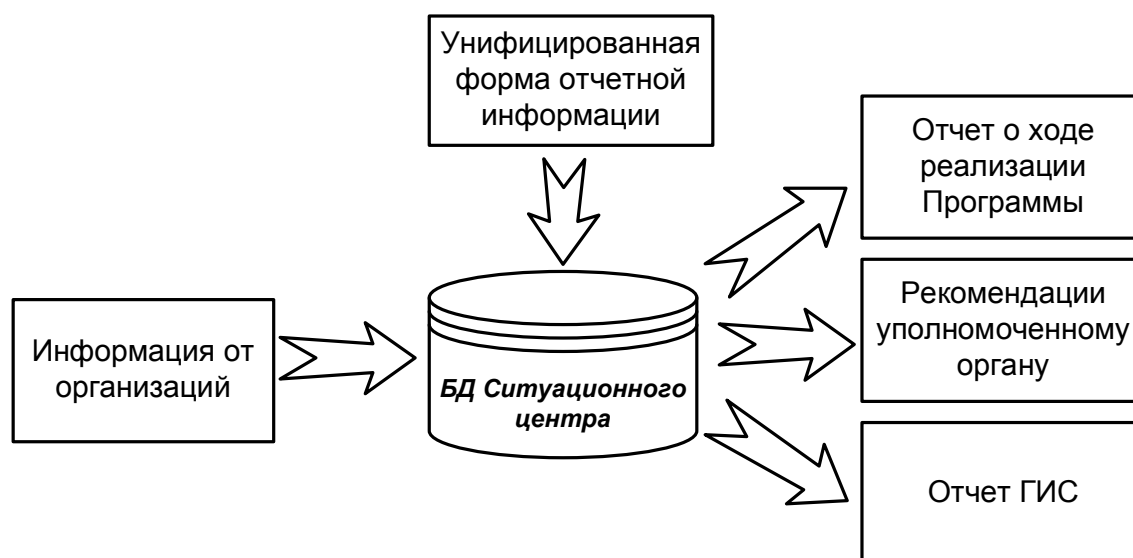


Рис. 3. Модель информационных потоков СЦ

**Алгоритм функционирования СЦ.** Для формализованного представления последовательности операций в рамках информационного взаимодействия субъектов процесса ЭПЭЭ разработан алгоритм (рис. 4), включающий следующие основные этапы:

1. В отдел мониторинга поступает необходимая информация от организаций с муниципальным участием.

2. Сотрудниками СЦ выполняется оценка полноты информации и вносятся значения полученных индикаторов в БД. В случае предоставления организацией неполных или некорректных данных формируется запрос о дополнительной информации.

3. На основании значений индикаторов текущего и предыдущего отчетных периодов (хранящихся в БД) рассчитываются целевые показатели. На этом этапе также проводится оценка полноты и корректности полученной информации.

4. На основании значений целевых показателей производятся анализ реализации мероприятий в текущем плановом периоде и оценка источников и объемов финансирования. При необходимости принимается согласованное с ответственным органом местного самоуправления решение и производится корректировка объемов финансирования и сроков исполнения мероприятий по энергосбережению.

5. На последнем этапе с учетом всей полученной информации и произведенных расчетов при помощи информационной системы (клиентского приложения БД):

- формируются отчеты о выполнении плановых задач организациями, предписанных им нормативно-правовыми документами в области ЭПЭЭ;
- выдаются рекомендации уполномоченному органу о дальнейшем порядке реализации муниципальной программы по энергосбережению, о корректировке программы, об объеме и структуре бюджетного финансирования муниципальной программы по энергосбережению.

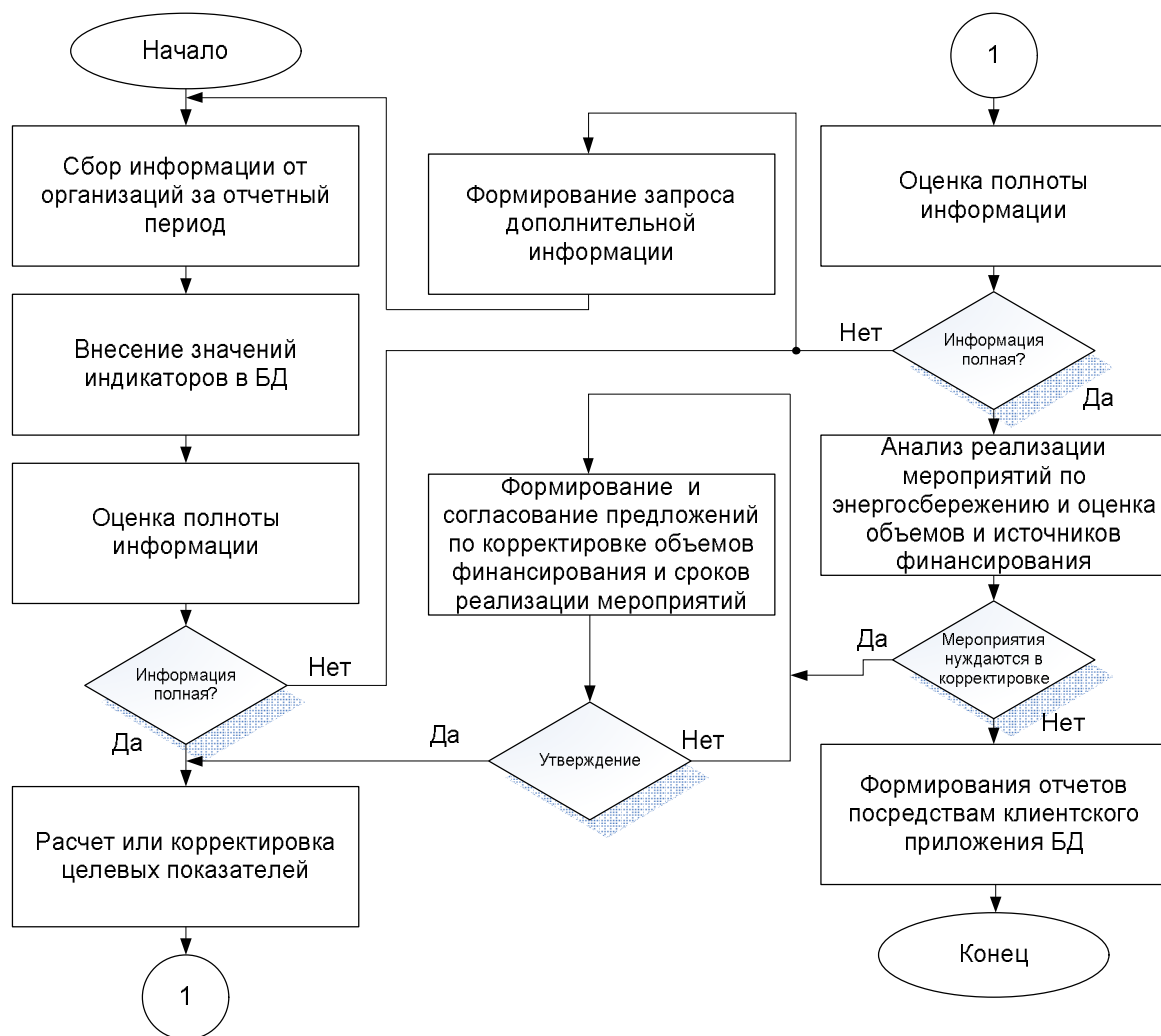


Рис. 4. Алгоритм функционирования Ситуационного центра

Предложенный алгоритм отражает основные функции СЦ и является основой методической поддержки процесса ЭПЭЭ.

### Заключение

Направление создания СЦ является перспективным в плане повышения энергоэффективности регионов. Данное решение несет значительный социально-экономический эффект и способствует развитию теории и практики современного энергосбережения.

Масштабируемость предложенного СЦ позволяет многократно тиражировать его на территории России, что в дальнейшем позволит

сформировать обобщенную БД систем и процессов ЭПЭЭ, а также проводить статистический анализ накопленной и актуальной информации. Перспективный опыт функционирования СЦ в регионах будет полезен и необходим для работы специалистов в области энергосбережения и энергопотребления, энергоменеджеров, энергетиков, сотрудников администрации, оперативных и аварийных служб и др. Международное сотрудничество дает возможность использовать опыт передовых стран.

### **Библиографический список**

1. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2011 г. № 579 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

2. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».

3. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

4. Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 № 1225 (ред. от 17.12.2010) «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

5. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 07.06.2010 г. № 273 «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях».

6. Энергетическая стратегия России до 2030 г. Федеральная целевая программа. – М., 2001.

7. План мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ. – М., 2011.

8. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Реструктуризация предприятий и компаний: справочное пособие. – М.: Высшая школа, 2000.

9. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление проектами: справочное пособие. – М.: Высшая школа, 2001.

10. Рубцов С.Р. Об использовании стандарта IDEF0 // Открытые системы. – 2003. – № 1. – С. 25–28.

# ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УПРАВЛЯЕМОГО ШУНТИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ВСЕРЕЖИМНОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Студентки гр. 9А97 Р.Ж. Жумангалиева, М.А.Саквина  
Научный руководитель – канд. техн. наук,  
старший преподаватель *А.В. Прохоров*  
Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет

Несколько десятков лет назад в связи с развитием устройств автоматики, сигнализации и телемеханики обнаружилось весьма опасные коммутационные перенапряжения. Эти перенапряжения появляются при подключении к линии без нагрузки (особой), вследствие чего на перенапряжение (квазистационарное) за счет эффекта электрической ёмкости накладываются колебания затухающего характера на имеющиеся в линии индуктивности и емкости, рабочая частота которых зависит от самой длины электролинии. Вредное воздействие коммутационных перенапряжений на стабильность работы энергосистемы является целью данного исследования: выбор оптимального месторасположения и мощности ШР и УШР для ограничения коммутационных перенапряжений в аварийных режимах.

Анализ зарубежной и российской литературы по соответствующей тематике показал, что включение линии на ХХ – мероприятие, в ходе которого наиболее часто возникают коммутационные перенапряжения, которые являются следствием аварийной ситуации в энергосистеме [1].

В связи с этим было решено более подробно остановиться на задаче использования УШР и ШР для снижения коммутационных перенапряжений при включении линии на холостой ход. Вопросы использования ШР и УШР для снижения коммутационных перенапряжений исследовались согласно схеме, приведенной на рис. 1 [2].

В качестве инструмента исследования использовался ВМК РВ ЭЭС, предназначенный для непрерывного и высокоточного моделирования в реальном времени ЭЭС.

Схема моделирования включает в себя две линии, состоящие из нескольких участков (таблица), Л1 = Лвл–209 + Лвл–208 = и Л2 = Лвл–207+Лвл–205 + Лвл–206 длиной 31 и 500 км соответственно, генерирующие узлы Е1 и Е2, комплект реакторов: LR1 и УШР1 – с одной стороны и такой же комплект LR2 и УШР2 – с другой стороны. Данное исследование проводилось на линии Л2 220 кВ. ШР и УШР установле-

ны в определенных узлах схемы, с использованием которых планируется провести опыты. С целью удобства модели реакторов могут быть сконструированы для получения оборудования той мощности, которая требуется по условиям опыта.

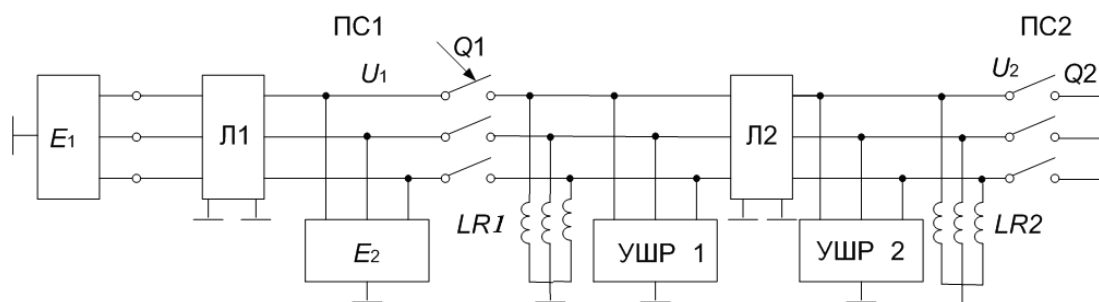


Рис. 1. Блок-схема для эксперимента [2]

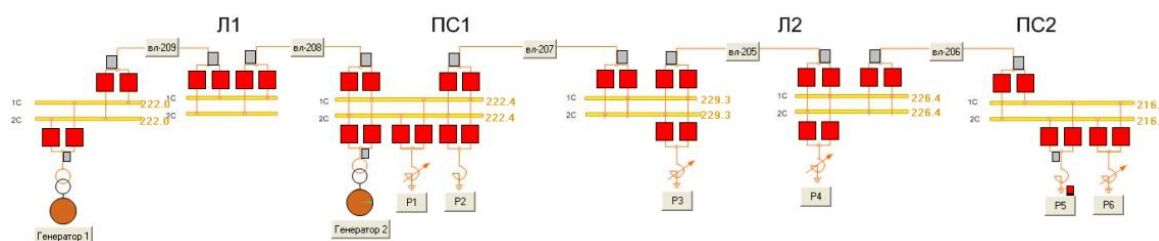


Рис. 2. Вид принципиальной схемы в ВМК РВ ЭЭС

Параметры схемы моделирования с привязкой к реальным линиям приведены в таблице.

### Параметры линии 2

Наименование участков	ВЛ-209	ВЛ-208	ВЛ-207	ВЛ-205	ВЛ-206
Длина линии, км	110,2	20,8	184	147	167
$R_{уд}$ . ВЛ на 100 км, Ом	12,1	10,8	9,8	9,8	9,8
$X_{уд}$ . ВЛ на 100 км, Ом	43	29,9	42,9	42,9	42,9
Марка провода	АС-240/39	АСО-300	АС-300/39	АС-300	АС-300
$b_0$ , См	0,00011	0,00036	0,000264	0,000264	0,000264

Первоначально необходимо провести расчет зарядной мощности линии и, исходя из этого, выбрать соответствующую мощность реактора. Расчет мощности проводился по формуле (1) [3]:

$$Q_3 = U \cdot I = \frac{U^2}{x_{\Sigma}} = \frac{220^2}{6903,609} = 66,18797 \text{ МВар}, \quad (1)$$

где

$$x_{\Sigma} = x_{L207} + x_{L205} + x_{L206} = 6903,609 \text{ Ом};$$



$$x_{L207} = \frac{100}{b_0 \cdot L} = \frac{100}{0,000264 \cdot 184} = 2058,63 \text{ Ом};$$

$$x_{L205} = \frac{100}{b_0 \cdot L} = \frac{100}{0,000264 \cdot 147} = 2576,788 \text{ Ом};$$

$$x_{L206} = \frac{100}{b_0 \cdot L} = \frac{100}{0,000264 \cdot 167} = 2268,191 \text{ Ом};$$

Расчет перенапряжения (В), возникающего в ходе проведения опытов, можно рассчитать, исходя из результатов опыта или по формуле (2):

$$\Delta U = \frac{P_{\text{л}} \cdot r_{\text{л}} + (Q_3 - Q_{\text{п}})}{U}. \quad (2)$$

В ходе практического исследования была проведена серия опытов, цель которых – выбор оптимального месторасположения ШР, достаточной для регулирования напряжения в аварийном режиме. Большая часть опытов проводилась с использованием ШР, поскольку дополнительной целью данного исследования является определение различий в процессах ограничения перенапряжений: скачкообразного (в случае использования ШР) и плавного регулирования (при использовании УШР). В первом опыте рассмотрено включение линии на холостой ход. В результате которого была получена нижеприведенная эюра при  $t = 0,6262$  с. В данном опыте, как и во всех дальнейших, момент снятия данных есть момент времени, соответствующий установившимся значениям напряжений.

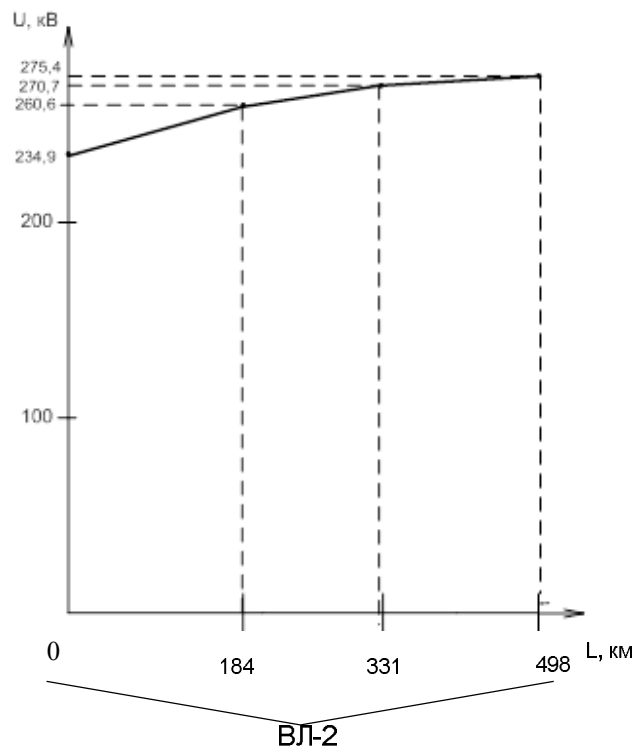


Рис. 3. Эюра распределения напряжений на Л2 (1-й опыт)

По вышеприведенным данным построена эпюра распределения напряжений на Л2 (рис. 3), которая показывает, что значения напряжений на протяжении всей линии превышают допустимые пределы. Напряжения отличаются приблизительно на 18 % от  $U_{\text{ном}}$ . Следовательно, целесообразно установить в системе ШР для регулирования напряжений и достижения требуемого значения  $U_{\text{ном}} = 220$  кВ.

Последующие опыты (опыты 2, 3 и 4) были посвящены исследованиям, связанным с установкой ШР на ПС 2 и определенном расстоянии от нее. Такая установка реактора является наиболее часто практикуемой в энергосистемах [4]. Серия опытов по определению необходимого количества ШР и их мощности показала, что для необходимого регулирования напряжения на конце линии (ПС 2) должен быть установлен 1 ШР, мощностью  $Q = 50$  Мвар, что является эквивалентом мощности двух ШР по 25 МВар каждый. Индуктивное сопротивление реактора в данном случае  $X_4 = 2150$  Ом.

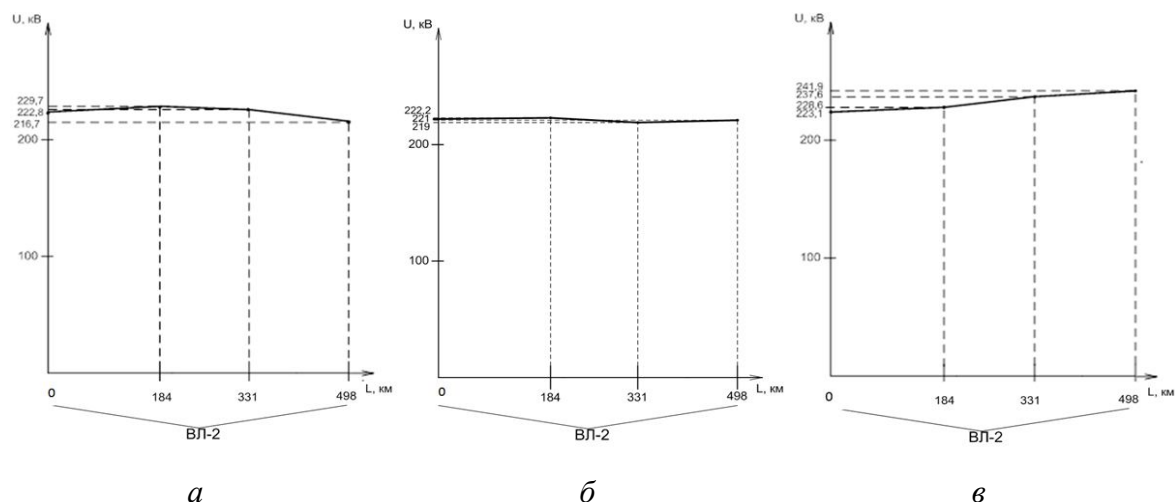


Рис. 4. Эпюра распределения напряжений на Л2: *а* – опыт 2, *б* – опыт 3, *в* – опыт 4

В 3-м опыте на вышеуказанном расстоянии от ПС 2 установлен 1 ШР мощностью  $Q = 50$  Мвар, индуктивное сопротивление которого в данном случае  $X_5 = 859$  Ом. Данный вариант установки реактора на линии позволит снизить потери за счет более оптимального распределения потоков мощности между реакторами по длине линии. На рис. 4, *а* показано, что значение напряжений на протяжении всей линии находится в требуемых пределах ( $\pm 5\%$  от  $U_{\text{ном}}$ ).  $Q_p = 50$  МВар является оптимальным значением, необходимым для правильного перераспределения потоков реактивной мощности и для поддержания напряжения в требуемых интервалах на протяжении всей линии.

В 4-м опыте установлен 1 ШР, мощностью  $Q = 50$  Мвар и индуктивным сопротивлением  $X_6 = 1041$  Ом на еще большем расстоянии от ПС 2. В этом опыте ШР расположен наиболее близко к генерирующему узлу, в результате чего перераспределение потоков происходит таким образом, что большая часть зарядной мощности перетекает к месту установки ШР, но ввиду его близости к генерирующему узлу в конце линии наблюдаются перенапряжения. На рис. 4, б показано, что значение напряжений на протяжении всей линии находится в требуемых пределах ( $\pm 5\%$  от  $U_{ном}$ ). Как можно заметить, «просадка» напряжения в средней части линии меньше, чем в предыдущем опыте (рис. 4, а). Поэтому, с одной стороны, можно предположить, что данное мероприятие целесообразно проводить не на ПС, а в середине линии. С другой стороны, для линии превышение напряжения на 10 кВ не является критичным, то есть не приводит к разрушению изоляции проводов и выходу из строя изоляторов. Также напряжение в сети потребителя определяется напряжением на шинах ПС, которое в данном случае находится в необходимых пределах.

Эпюра напряжений, изображенная на рис. 4, б, показывает, что регулирование напряжения в конце линии 2 не было успешным по причинам, описанным выше, то есть установка ШР данной мощности на таком расстоянии от генерирующего узла не является целесообразной.

Как видно из эпюры напряжений, представленной на рис. 5, в результате регулирования напряжение в сети потребителя, определяющееся напряжением на шинах подстанций, достигло требуемого значения – 220 кВ. Достижение точного требуемого значения объясняется последующим подключением УШР, который посредством плавного регулирования снижает напряжение до необходимого уровня [5].

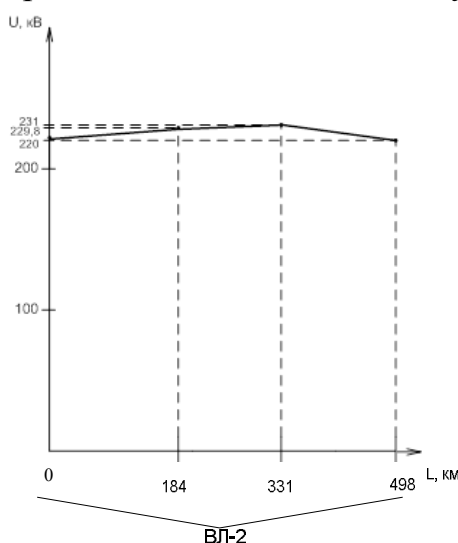


Рис. 5. Эпюра распределения напряжений на ВЛ 2 – опыт 5

Таким образом, решение задачи обеспечения нормальных режимов работы единой энергосистемы и требуемых стандартов качества и надежности электроэнергии невозможно без автоматически управляемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности, которыми являются объекты данного исследования – ШР и УШР [6].

Сделанные выводы определяют дальнейшую направленность практического исследования, а именно выбор устройств для ограничения перенапряжений на примере схемы реальной сети с изучением всего диапазона нормальных и аномальных режимов работы, определяющих состав и мощность средств компенсации реактивной мощности.

### Библиографический список

1. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них / К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров, А.А. Рейхердт, К.П. Кадомская; НГТУ. – Новосибирск, 2004. – 319 с.
2. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 248 с.
3. Александров Г.Н., Лунин В.П. Управляемые реакторы. – 3-е изд. / Центр подготовки кадров энергетики. – СПб., 2005. – 200 с.
4. Результаты внедрения управляемых шунтирующих реакторов (УШР) в сетях 110–500 кВ / М.А. Брянцев, Б.И. Базылев, А.И. Лурье, Д.Ю. Спиридонов / ОАО «Электрические управляемые реакторы». – М., 2011. – 42 с.
5. Цыганов С.И., Кондратенко Д.В. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы как средство повышения эффективности работы электроэнергетических систем / ОАО «ЭЛУР» (г. Москва) // Электро. – 2008. – № 1. – С. 28–32.
6. Ивакин В.Н., Магницкий А.А., Шульга Р.Н. Сравнительный анализ различных средств управляемой поперечной компенсации линий электропередач // Электротехника 2030: материалы IX симпоз; г. Москва 29–31 мая 2007 г. – М., 2007.
7. Управляемые шунтирующие реакторы для электрических сетей / А.Г. Долгополов, Д.В. Кондратенко, С.В. Уколов, В.М. Постолатий // Problemele energeticii regionale. – 2011. – 3(17). – С. 1–21.
8. Управляемые подмагничиванием электрические реакторы // Электротехника. – 2003. – № 1. – 64 с.

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

**Аспирант И.С. Понуровский, студент гр. КЗИ-09 А.М. Морозов**

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор,

заслуженный изобретатель РФ *С.Ф. Тюрин*

Пермский государственный национальный

исследовательский университет

В настоящее время активно ведутся исследования в области так называемых «Green Computing» или «зеленых вычислений».

Зеленые вычисления – это область ИТ, изучающая проектирование, производство, использование и утилизацию вычислительного оборудования и компьютерных подсистем (мониторов, принтеров, устройств хранения, обработки и передачи данных) [1].

В рамках зеленых вычислений среди всего прочего развивается направление разработки энергосберегающих систем логического управления. Снижение энергопотребления в них достигается за счет введения оптимального уровня избыточности.

В таких системах используется аппаратное вычисление логических функций на основе логических элементов (ЛЭ), которые строятся, как постоянное запоминающее устройство ПЗУ (LUT – Look Up Table).

Для четырёх переменных ПЗУ представляет собой мультиплексор 16–1 (дерево мультиплексоров), входы данных которого настраиваются так называемыми конфигурируемыми ячейками памяти [2, 3].

Предлагается разработать микропрограммно-аппаратные вычислители логических функций для энергосберегающих систем логического управления, не требующих высокой скорости вычислений и работающих в двух режимах («спящем», «дежурном»).

ЛЭ строится на основе ДНФ представления логических функций [4], при этом отключаются кластеры остальных ЛЭ системы управления, а результаты выдаются только на соответствующие регистры.

Такой вариант ЛЭ может также использоваться для повышения отказоустойчивости при отказах с частичным снижением скорости вычислений, например, в случае отказов в блоках программируемых конъюнкций и/или функций либо в соседних ЛЭ.

Предлагается следующая постановка задачи синтеза энергосберегающей системы логического управления с использованием микропрограммно-аппаратного вычисления логических функций. При снижении уровня питающего напряжения увеличивается вероятность отказов (сбоев). Для компенсации этого снижения вводится структурная избыточность, которая, с одной стороны, компенсирует эту вероятность, с другой – увеличивает энергопотребление.

Нахождение оптимального варианта резервирования, например градиентным методом, учитывает ограничения по времени вычислений с помощью линейки микропрограммно-аппаратных модулей.

Пусть энергосберегающая система логического управления включает в свой состав  $n$  подсистем (кластеров) вычисления логических функций. Известны значения вероятности безотказной (бессбойной) работы (ВБР)  $P_i$  для исходного энергопотребления  $W_i$  (где  $i = 1 \dots n$ ) каждой из подсистем.

Известно, что при снижении энергопотребления  $\Delta W_i$  вероятность  $P_i$  снижается на значение  $\Delta P_i$ . При этом часть функций возможно вычислять на микропрограммно-аппаратном уровне.

Кроме того, указаны временные ограничения  $T_{\max}$ . Имеется  $m$  методов повышения вероятности безотказной работы.

Вариант резервирования с использованием микропрограммно-аппаратного вычисления логических функций имеет вид вектора:  $(k_i, \eta)$ ;  $i = \overline{1, n}$ ;  $\eta = \overline{1, m}$ .

Две постановки задачи оптимизации структурной схемы надёжности (СШ) энергосберегающей системы логического управления выглядят следующим образом:

1) найти  $(k_i, \eta)$ :  $W_c \rightarrow \min$  при  $P_c(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ ,  $T \leq T_{\max}$ ;

2) найти  $(k_i, \eta)$ :  $P_c(t) \rightarrow \max$  при  $W_c \leq W_c^{\text{зад}}(t)$ ,  $T \leq T_{\max}$ ,

где  $W_c$  – энергопотребление системы,  $P_c(t)$  – вероятность безотказной (бессбойной) работы системы.

### Библиографический список

1. San Murgesan. Harnessing Green IT: Principles and Practices [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sis.pitt.edu/~dtipper/2011/GreenPaper.pdf> (дата обращения: 12.12.2012).
2. Цыбин С. Программируемая коммутация ПЛИС: взгляд изнутри [Электронный ресурс]. – 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: 12.12.2012).
3. 6T SRAM Cell [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iue.tuwien.ac.at/phd/entner/node34.html> (дата обращения: 12.12.2012).
4. Тюрин С.Ф., Греков А.В., Набатов А.В. Микропрограммно-аппаратное восстановление логики программируемых логических интегральных схем с использованием функционально-полных толерантных элементов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2012. – № 1(140). – С. 107–12.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА УРОВНЕ КРИСТАЛЛОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Студент гр. КОБ-10 А.С. Прохоров

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В данной статье рассмотрены последние на сегодняшний день разработки в области снижения энергопотребления на уровне кристалла, достоинства и недостатки каждой из них. Эта тематика присутствует в международном проекте *Fostering Innovations on Green Computing and Communications – GREENCO TEMPUS GreenCo project*. Проект направлен на модернизацию высшего образования в странах Евросоюза [1]. Согласно этому закону Мура, сформулированному в 1965 году, количество транзисторов, размещаемых на кремниевом кристалле, удваивается приблизительно каждые два года. Данная тенденция сохраняется на протяжении более чем 45 лет благодаря появлению всё более и более сложных технологических процессов [2]. Но при уменьшении техпроцесса растут токи утечки, что является основным фактором роста энергопотребления, которое в идеальном бы случае не менялось. Необходимость оставаться в определенных рамках энергопотребления привела к появлению ограничения, называемого *Utilization Wall* (рис. 1), согласно которому с каждым новым техпроцессом и в отсутствие радикальных технологических изменений доля площади кристалла, задействованной в активной работе, убывает экспоненциально [3]. Оставшаяся большая часть кристалла, не задействованная в данный момент в работе, и получила название «тёмный» кремний («Dark» Silicon).

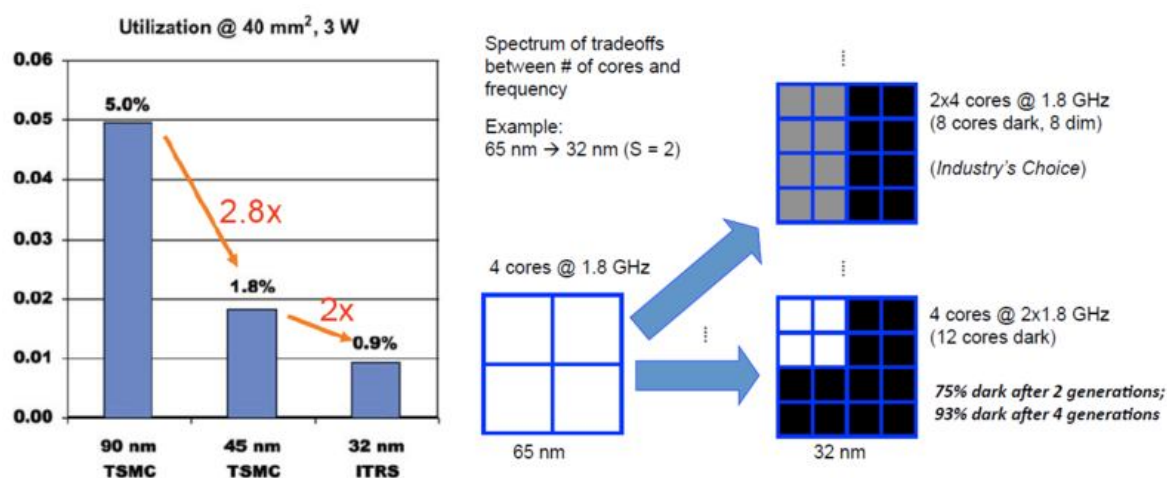


Рис. 1. Ограничение площади кристалла



Майкл Тейлор в своей статье «Is Dark Silicon Useful? Harnessing the Four Horsemen of the Coming Dark Silicon Apocalypse» описывает четыре основных подхода, позволяющих использовать область «тёмного кремния»:

1. Прогресс технологического процесса. Два потенциальных (на данный момент) и наиболее перспективных кандидата: это TFET-транзисторы и наноэлектромеханические переключатели. Обе эти технологии могут обеспечить уменьшение токов утечки на порядки по сравнению с используемыми сейчас решениями [4].

2. Параллелизация. Из-за роста токов утечки по мере масштабирования техпроцесса многоядерность микропроцессоров не может далее масштабироваться так же, как уменьшается занимаемая одним ядром площадь кристалла [5]. Например, замена одного компаратора на два, работающих параллельно, но на вдвое меньшей частоте, позволяет сократить энергопотребление в 2,5 раза.

3. Управление энергопотреблением и температурным режимом. **Near-Threshold Voltage-процессоры.** Этот подход появился совсем недавно. Идея заключается в использовании логики, работающей на пониженных уровнях напряжения, близких к порогу срабатывания. **Увеличение кэш-памяти.** Часто предлагаемая альтернатива – просто использовать темные области кремния для размещения кэша. Можно легко себе представить рост кэша со скоростью 1.4-2х на каждое поколение техпроцесса. Согласно недавнему исследованию оптимальный объем такой памяти определяется точкой, где производительность системы перестает быть ограниченной пропускной способностью и становится ограниченной по потребляемой мощности [6]. **Turbo Boost.** Все подходы, описанные выше, использовали пространственное затемнение кремния. Но уже существуют методы, опирающиеся на временное затемнение кремния. Например, процессор может обеспечить короткое (меньше 1 мин), но существенное увеличение производительности, повышая тактовую частоту. Технология *Intel Turbo Boost* автоматически позволяет ядру процессора работать на частоте, превышающей базовую, если мощность, потребляемый ток и температура не превышают максимальных значений [7].

4. Использование специализированных решений. Один из подходов, позволяющих эффективнее расходовать площадь в обмен на энергоэффективность, это использование тёмного кремния для реализации специализированных блоков (сопроцессоров), каждый из которых на конкретной задаче либо намного быстрее, либо намного энергоэффек-

тивнее (порядка 100–1000 раз), чем процессоры общего назначения [8]. В то же время блоки сопроцессоров, неиспользуемые в данный момент, могут быть полностью выключены для экономии энергии. Такие системы получили название *Coprocessor Dominated Architectures*, или *CoDAs*. Если взглянуть на схему микропроцессора Intel Medfield (рис. 2), то можно увидеть, как кроме процессорного ядра в кристалл входит множество разных специализированных блоков.

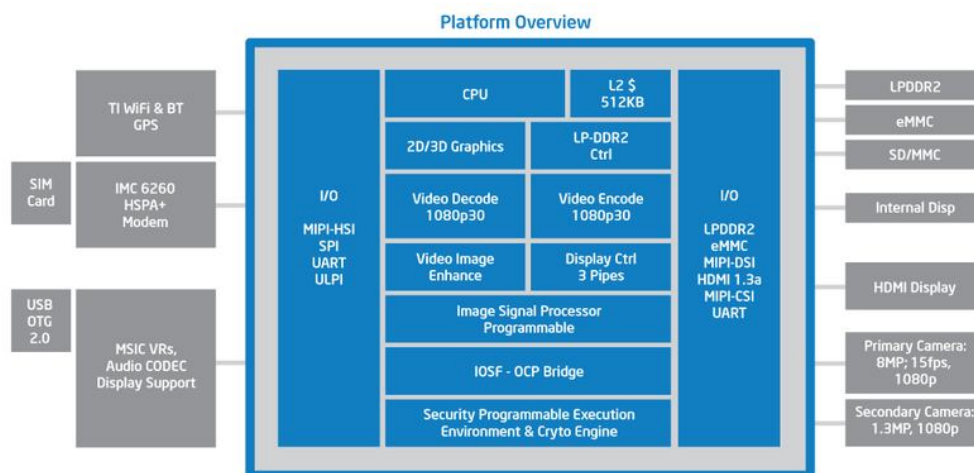


Рис. 2. Схема микропроцессора Intel Medfield

Проанализируем каждую технологию (рис. 3).

Технология	Достоинства	Недостатки
TFET и НЭМ переключатели	Могут обеспечить уменьшение токов утечки на порядки, по сравнению с используемыми сейчас решениями	Далеки от промышленного использования
Параллелизация	Сокращение энергопотребления в несколько раз	Но даже в идеальных условиях возможно лишь 2-2.5 кратное снижение энергопотребления, при увеличении занимаемой площади в 2-3 раза. Кроме того, далеко не все узлы в принципе поддаются распараллеливанию и не во всякой программе можно найти параллелизм данных
NTV процессоры	Лучшие показатели на единицу потребляемой мощности, лучшая работа для высоко параллельных нагрузок	Увеличение чувствительности схемы к вариации параметров технологического процесса, трудности создания SRAM-памяти, работающей при более низких напряжениях
Увеличение кэша	Большой кэш для задач с частыми кэш-промахами может улучшить как производительность, так и экономичность – обращение к памяти за пределами чипа требует много энергии.	Устаревшая технология, уступает интерфейсам с внекристалльной памятью
Turbo Boost	Увеличению производительности однопоточных и многопоточных приложений	Увеличение производительности на короткое время
CoDAs	Ускорители позволяют на порядки повысить производительность и энергоэффективность, особенно для высокопараллельных вычислений.	Чрезмерной специализации ускорителей, которые делают их неприменимыми даже для тесно связанных с их основным назначением задач

Рис. 3. Анализ технологий

Таким образом, с каждым поколением технологического процесса площадь «темного» кремния растет, и эта область становится все при-

влекательнее для исследователей. Наиболее вероятно, что со временем тёмный кремний изменит весь вычислительный стек, а это вызовет дальнейшие исследования и усовершенствования в этой области.

### Библиографический список

1. Международный проект TEMPUS GreenCo project. – URL: [http://eacea.ec.europa.eu/tempus/programme/about\\_tempus\\_en.php](http://eacea.ec.europa.eu/tempus/programme/about_tempus_en.php)

2. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD\\_%D0%9C%D1%83%D1%80%D0%B0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9C%D1%83%D1%80%D0%B0)

3. Ganesh Venkatesh et al. (2010) Conservation Cores: Reducing the Energy of Mature Computations // ASPLOS 2010 – URL: [http://darksilicon.org/papers/asplos\\_2010\\_ccores.pdf](http://darksilicon.org/papers/asplos_2010_ccores.pdf)

4. *WordScience*: Новости и статьи из областей науки [Электронный ресурс]. – URL: <http://wordscience.org/novaya-texnologiya-nanoelektromexanicheskix-pereklyuchatelej.html>

5. Michael Taylor. (2012) Is Dark Silicon Useful? Harnessing the Four Horsemen of the Coming Dark Silicon Apocalypse. DAC 2012. – URL: [http://darksilicon.org/papers/taylor\\_dark\\_silicon\\_horsemen\\_dac\\_2012.pdf](http://darksilicon.org/papers/taylor_dark_silicon_horsemen_dac_2012.pdf)

6. Хабрахабр, коллективный блог [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/company/intel/blog/160919/>

7. Сайт корпорации Intel [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.intel.ru/content/www/ru/ru/architecture-and-technology/turbo-boost/turbo-boost-technology.html>

8. Статья, Venkatesh, Sampson, Goulding, Garcia, Bryksin, Lugo-Martinez, S. Swanson, and M. B. Taylor. «Conservation cores: Reducing the energy of mature computations» In ASPLOS, 2010. – URL: [http://darksilicon.org/papers/LCTES\\_2011\\_Final.pdf](http://darksilicon.org/papers/LCTES_2011_Final.pdf)

**Секция 4**  
**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

# О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ ПО НЕПРИСПОСОБЛЕННЫМ ЛИНИЯМ

Аспирант **Е.Н. Талецкий**

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Д.В. Гололобов*  
Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск

В условиях перегруженности эфира информацией существует огромное количество служб, работающих в лицензированных диапазонах частот (GSM, WCDMA, CDMA2000, LTE, WiMAX, телевидение, радиовещание). Целесообразно предложить перенести хотя бы часть нагрузки по транспортированию информации к потребителю и обратно на закрытые неприспособленные канализирующие системы. В данной работе в качестве неприспособленных линий передачи используются сети теплоснабжения.

В качестве структуры для исследования возможности передачи электромагнитной энергии воспользуемся типовой конструкцией предизолированной трубы (ПИ-трубы) (рис. 1).

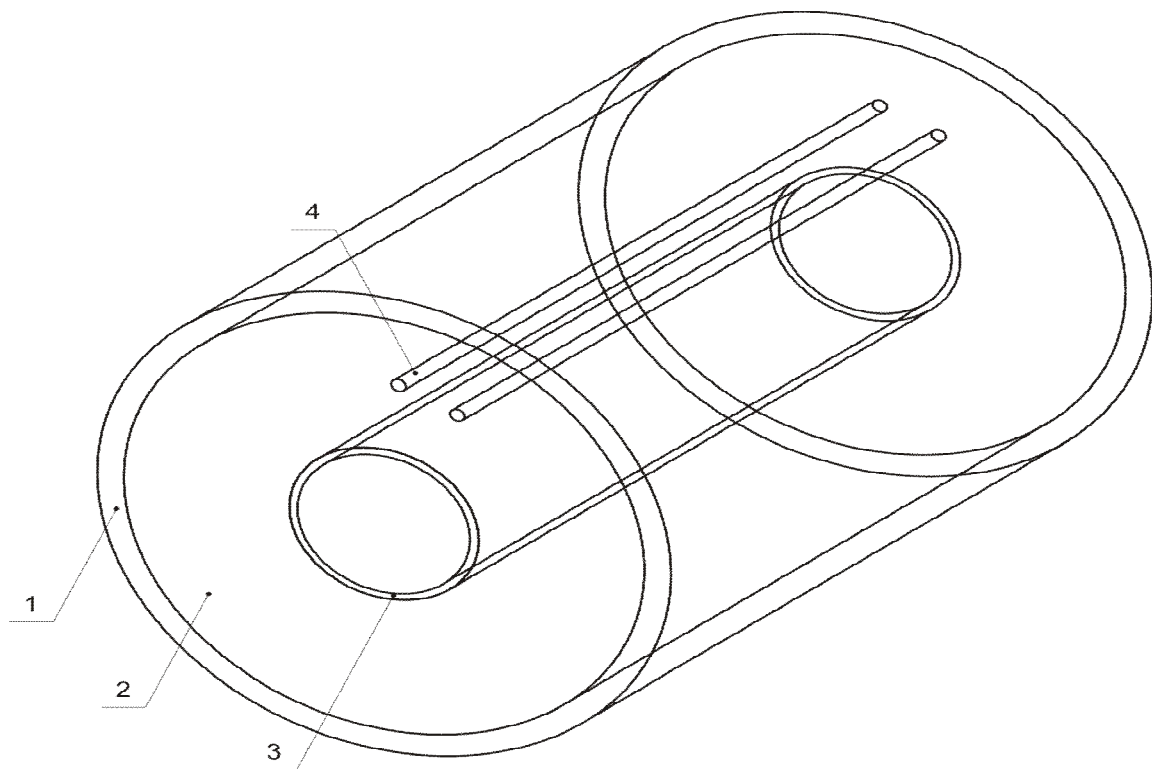


Рис. 1. Типовая конструкция ПИ-трубы: 1 – труба-оболочка; 2 – изоляция из пенополиуретана (ППУ); 3 – стальная труба; 4 – проводники-индикаторы системы оперативного дистанционного контроля

Более подробно следует остановиться на системе оперативного дистанционного контроля (СОДК). В данной системе выгодно выделяется уже готовая к эксплуатации линия передачи, по которой и так передаётся информация (пусть и телеметрическая) – это проводники-индикаторы СОДК.

Фрагмент трубы с проводниками-индикаторами СОДК представлен на рис. 2.

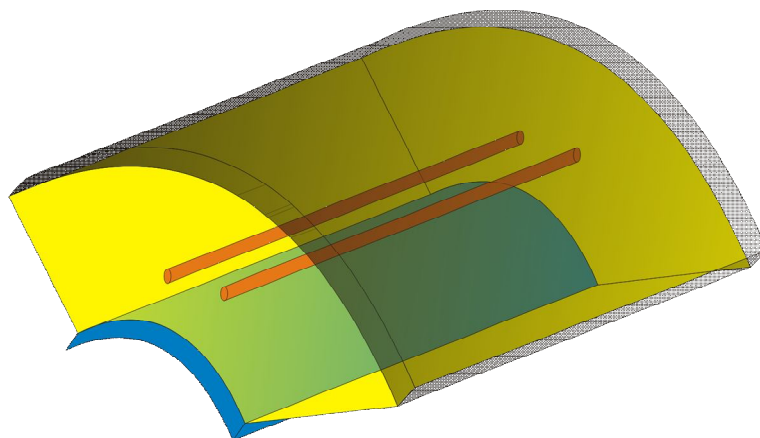


Рис. 2. Фрагмент конструкции ПИ-трубы

В силу сложности структуры для анализа возьмем модель с одним медным проводником.

Для решения проблемы влияния грунта на распространение электромагнитных волн (ЭМВ) воспользуемся теорией зеркального изображения [1]. Суть теории заключается в замене конечно-проводящей поверхности на идеально-проводящую поверхность, отнесенную на некоторое комплексное расстояние  $h_1$ .

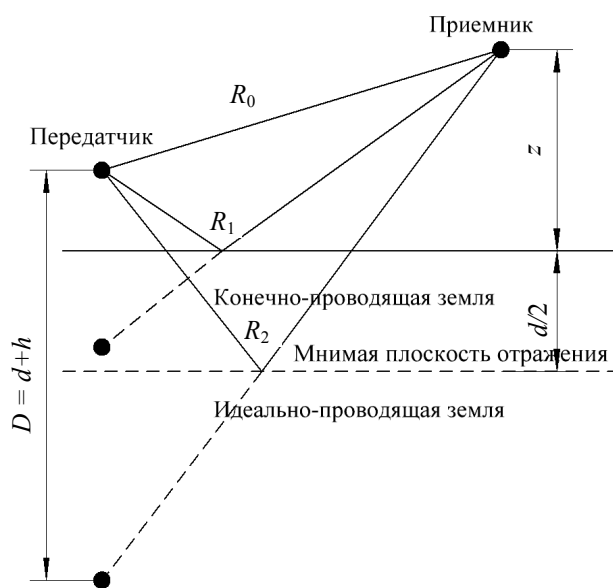


Рис. 3. Теория зеркального изображения



Рис. 4. Замена конечно-проводящей земли (а) на идеально-проводящую землю на глубине  $h_1$  (б)

Для общего понимания теории земного изображения необходимо рассмотреть случай распространения ЭМВ вдоль земли (рис. 3). Данная теория была разработана для того, чтобы можно учесть более просто потери при отражении от земли. Она позволяет учесть как набег фазы, так и затухание амплитуды электромагнитной волны. Существует несколько методов нахождения глубины залегания мнимой плоскости отражения. Наиболее простой и наглядный метод – сравнение поверхностных сопротивлений на уровне  $z = 0$  в двух случаях (рис. 4).

Для случая А при распространении поперечно-электрических волн (рис. 4) мы имеем

$$Z_A = \frac{Z_1}{\sqrt{1 - \gamma_0^2 / \gamma_1^2}}, \quad (1)$$

где  $\gamma_0^2$  – квадрат постоянной распространения в свободном пространстве,  $\gamma_0^2 = -\omega^2 \mu_0 \epsilon_0$ ;  $\gamma_1^2$  – квадрат постоянной распространения в земле  $\gamma_1^2 = -i\omega \mu_0 (\sigma_1 + i\omega \epsilon_1)$ ;  $Z_1$  – волновое сопротивление земли, Ом,

$$Z_1 = \sqrt{\frac{i\omega \mu_0}{\sigma_1 + i\omega \epsilon_1}}.$$

Случай В можно рассмотреть как распространение радиоволн над двухслойной почвой. Методы получения значений поверхностного импеданса для многослойных сред разработаны [2] так же, как и для однородной земли, они получаются при расчете падения плоской вертикально поляризованной волны на поверхность раздела. В этом случае поверхностный импеданс имеет вид:

$$Z_B = Z_0 \cdot th(i2\pi f \mu_0 h_1), \quad (2)$$

$$M = \sqrt{2\pi f \mu_0 h_1}, \quad (3)$$

где  $Z_{01}$  – поверхностный импеданс границы раздела «воздух–первый слой» (в нашем случае также воздух).

Квадратный корень данного выражения есть не что иное, как постоянная распространения в воздухе:

$$Z_B = Z_0 \cdot th(\gamma_0 h_1).$$

Для малых значений  $h_1$  ( $|\gamma_0 h_1| \leq 0,5$ ), то  $th(\gamma_0 h_1) \sim \gamma_0 h_1$ , и тогда

$$Z_B = Z_0 \gamma_0 h_1 = i\omega \mu_0 h_1. \quad (4)$$

Приравняв правые части выражений (1) и (4), получим

$$h_1 = \frac{1}{\gamma_1 (1 - \gamma_0^2 / \gamma_1^2)} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_1^2 - \gamma_0^2}}. \quad (5)$$

Пусть волна в линии передачи распространяется в сторону возрастающих значений по оси  $z$ . Тогда векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в любой точке поля представляют следующую функцию от координаты  $z$ :

$$e^{-\gamma z} = e^{-(\alpha z + i\beta z)} = e^{-z/h_1}. \quad (6)$$

Выразив  $\gamma = \alpha + i\beta$  из выражения (6) через  $h_1$ , получим выражения для коэффициента затухания  $\alpha$  и коэффициента фазы  $\beta$ . Также, взяв модуль от выражения (6), получим амплитудно-частотную характеристику линии передачи, а взяв аргумент, фазочастотную характеристику.

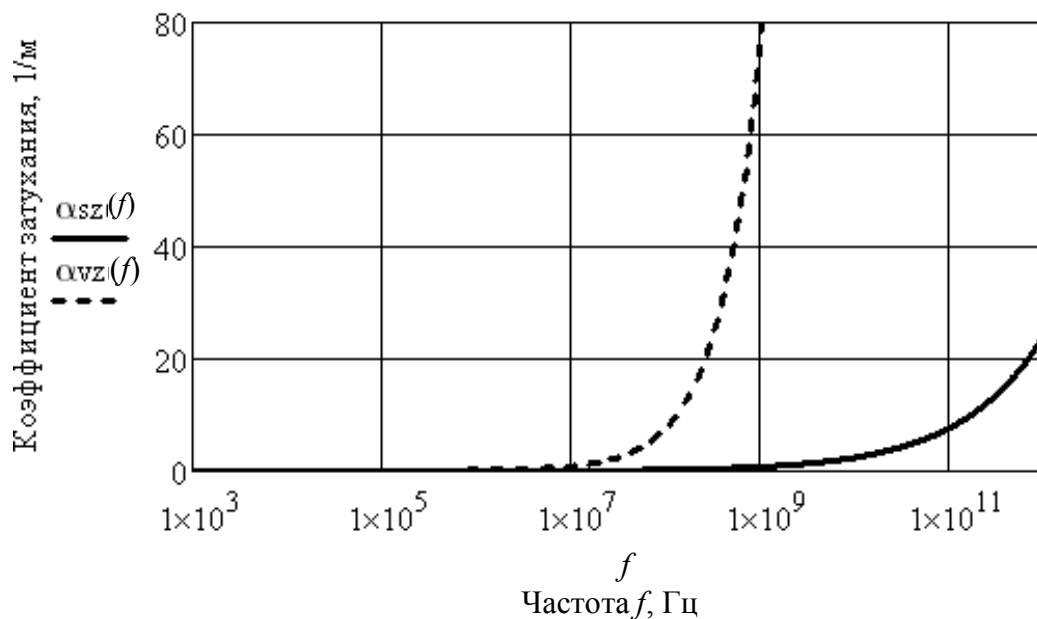


Рис. 5. Зависимость коэффициента затухания  $\alpha$  от частоты



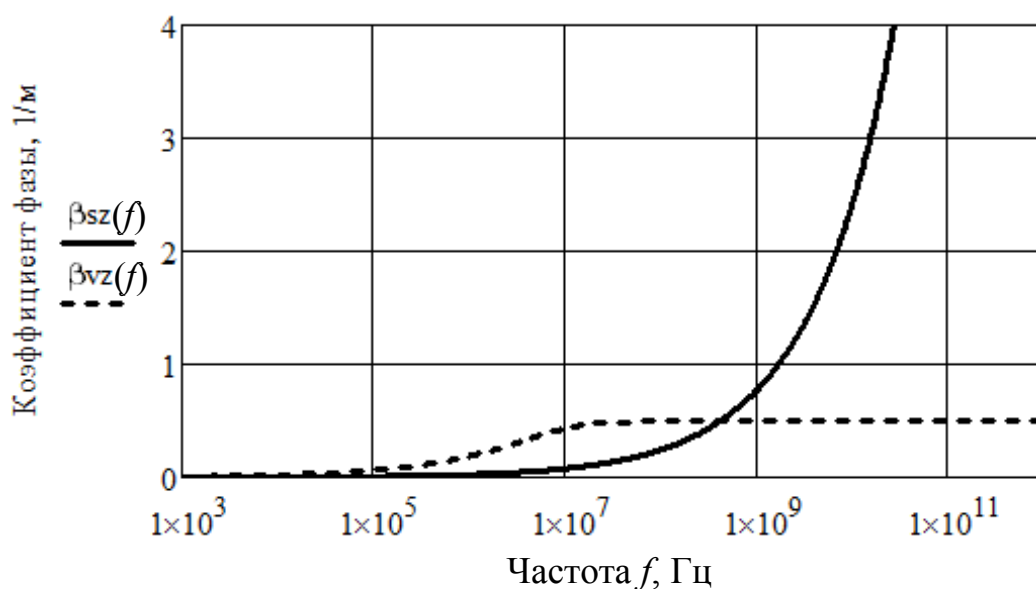


Рис. 6. Зависимость коэффициента фазы  $\beta$  от частоты

На приведенных ниже графиках сплошная линия соответствует сухому грунту ( $\epsilon_r = 4,243$ ,  $\sigma = 1,483 \cdot 10^{-4}$  См/с), а пунктирная – влажному грунту ( $\epsilon_r = 17,321$ ,  $\sigma = 9,487 \cdot 10^{-3}$  См/с). Полученный результат позволяет определить затухание (рис. 5) и фазовый набег (рис. 6) при прохождении сигнала по данному неприспособленному каналу связи и сделать вывод, что на частоте 1 ГГц для сухого грунта и на частоте 10 МГц для влажного грунта потери электромагнитной энергии незначительны. Поэтому данную структуру можно использовать в качестве линии передачи.

Для создания графиков зависимостей был использован пакет инженерного проектирования MathCAD.

### Библиографический список

1. Bannister P.R. The image theory electromagnetic fields of a horizontal electric dipole in the presence of a conducting half space // Radio Sci. – 1982. – № 17(5). – P. 1095–1102.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1973. – 343 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ 3-ГО И 4-ГО КЛАССА ОПАСНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аспирантка Т.М. Печень

Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники, г. Минск

В современном мире трудно представить себе сферу телекоммуникаций без использования лазерных систем, причем не малой мощности, а именно средней или даже большой мощности лазеров, которые относятся к классам опасности 3 и 4. Для здоровья человека такие технические устройства, когда они находятся в активном (включенном в работу) режиме, представляют опасность для здоровья работника. Причем в некоторых случаях исключить непосредственный контроль со стороны человека за рабочим процессом невозможно по ряду причин.

Известно, что лазер – это устройство, преобразующее различные виды энергии, такие как электрическая, световая, химическая, тепловая и другие, в энергию когерентного электромагнитного излучения. Отметим физические опасные и вредные факторы при эксплуатации лазеров:

- лазерное излучение (прямое, рассеянное, зеркальное или диффузионное отражённое);
- повышенное значение напряжения в цепях управления;
- запыленность и загазованность воздуха продуктами взаимодействия лазерного излучения;
- ультрафиолетовая радиация;
- до 70–120 дБА;
- вибрация;
- инфракрасное излучение в рабочей зоне;
- электромагнитное излучение высокой и сверхвысокой частоты;
- повышенная температура поверхностей оборудования.

Кратко представим классификацию лазерных изделий по степени опасности для организма человека.

*Класс 1* – допустимый предел излучения лазеров этого типа является безопасным для здоровья человека.

*Класс 2* – лазерные изделия низкой степени опасности, что в свою очередь, с другой стороны, характеризуются низкой мощностью излучения, которое генерируют электромагнитные волны видимого диапазона (свыше 0,4 до 0,75 мкм). Они не представляют опасности для мгновенного взгляда.

*Класс 3* – лазерные изделия средней степени опасности (средней мощности), генерирующие непрерывное лазерное излучение видимого

диапазона спектра мощностью от 1 до 5 мВт с плотностью потока излучения  $25 \text{ Вт/м}^2$  или меньше. А также лазерные изделия ультрафиолетового излучения (200–420 нм), инфракрасного В (1,4–3 мкм) и С (3 мкм–1 мм) излучения, которые могут излучать электромагнитные волны мощностью, которая превышает допустимый предел интенсивности более низких классов.

*Класс 4* – лазерные изделия высокой степени опасности (большой или даже сверхмощности), которые характеризуются излучением, превышающим допустимый предел излучения для лазерных изделий класса 3.

Лазерная обработка достаточно широко применяется при изготовлении различных средств для телекоммуникаций. Данные технологические новшества позволяют перейти на мультиплексированные (WDM и DWDM) волоконно-оптических линий связи и создать абсолютно новый класс оптических коммуникационных приборов кроссирования (основанных на использовании MEMS- и DMS-технологий)\*.

В настоящее время наиболее популярными в телекоммуникациях являются следующие полупроводниковые лазеры:

- небольшие лазерные диоды порядка нескольких милливатт (или до 0,5 Вт) выходной мощности в пучке, с высоким качеством пучка;
- полупроводниковые лазеры с внешним резонатором (ECDL – External cavity diode lasers) содержат лазерный диод в качестве активной среды в более длинном лазерном резонаторе. Они могут быть перестраиваемыми по длине волны и обладать узкой линией излучения;
- поверхностно-излучающие лазеры (VCSELs), излучающие в направлении, перпендикулярном пластине;
- поверхностно-излучающие лазеры (VCSELs) с оптической накачкой и внешним резонатором (VECSELs), способные генерировать несколько ватт выходной мощности.

При работе с лазерами класса 3 работникам следует надевать защитные очки с соответствующими фильтрами. Специалисты, имеющие дело с компонентами на основе лазеров типа VCSEL, должны носить защитные очки, рассчитанные на длину волны 850 нм (инфракрасный диапазон). Кроме того, оснащать их следует фильтрами с оптической плотностью, соответствующей конкретной прикладной задаче.

В современном, высокоразвитом в техническом и технологическом отношении мире сложно найти баланс между качеством работы систем телекоммуникаций и здоровьем специалистов, обслуживающих, особенно те объекты, где применяются лазеры 3 и 4 классов опасности.

---

\* Парфенов, В.А. Технологические применения лазеров : учеб. пособие / СПбГЭТУ «ЛЭТИ» . – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2007. – 51 с.

## ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ РЫНКА ИТ-УСЛУГ

Студентка гр. 17В20 Е.В. Гнедаш

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Т.Ю. Чернышева*  
Юргинский технологический институт (филиал)  
Национального исследовательского Томского  
политехнического университета (ЮТИ ТПУ)

Потребительский ИТ-рынок меняется под действием новых ожиданий и ценностей покупателей, вызванных переменами в мировой экономике, в самих ИТ и появлением соцсетей. Называется 10 макротенденций потребительского рынка, которые оказывают влияние на поставщиков ИТ, контента и услуг в последующие 10 лет. Эти 10 тенденций сводятся к вопросу ценности: что потребители считают достаточно ценным, чтобы за это платить, как меняются их ценности, и как поставщики ИТ-услуг могут на это ответить, чтобы увеличить свои продажи [1].

Информационные технологии меняются очень быстро, но так же быстро меняются и потребители. К потенциальным потребителям относятся: дополнительные пользователи, секретари и менеджеры, среднее звено, руководство – высшее звено, частные предприятия. Понимание общей динамики спроса чрезвычайно важно, чтобы увидеть полную картину того, как будет развиваться рынок цифровых технологий и услуг в последующее десятилетие. Все эти аспекты потребительского поведения находятся в движении и служат двигателем конкретных перемен, и все они также оказывают свое влияние на ИТ-рынки. Современный ИТ-рынок трансформируется под действием новых ценностей и ожиданий потребителей, сформированных глобальной экономикой. На зрелых рынках потребители уменьшили свои «свободные» расходы после череды финансовых кризисов. Однако в период рецессии покупатели придают больше ценности продуктам для доступа к контенту и коммуникации, так как экономят на более дорогостоящих альтернативах. Тяжелые времена создают «рынок покупателей». Это означает, что ИТ-рынок должен приспособиться к меняющимся ожиданиям потребителей. Сюда входят:

- переход к маркетинговым методам, учитывающим рецессию;
- более широкий спектр выбора и самых выгодных продуктов;
- увеличение удобств для покупателей [2].

Структурное ускорение меняет текущую модель потребления, обгоняя некоторых из потребителей. Это ускорение означает, что потребители ждут регулярных и всё более частых обновлений программных продуктов. С течением времени исчезла пропасть между классами в плане доступа к основным цифровым товарам и услугам. Однако при этом появились новые пропасти, особенно неравенство в плане профиля в соцсети и способности иметь доступ и управлять (или не управлять) непрерывной, вездесущей коммуникацией в реальном времени, которая и есть результат ускорения в ИТ. Теоретически это ускорение должно дать потребителям больше времени делать то, что они хотят. На деле происходит обратное. Это значит, что самый ценный продукт, который поставщики ИТ-услуг могут предложить потребителям, это свободное время в течение дня, чтобы делать вещи, которые потребители хотят или должны сделать. Продукты и услуги, помогающие использовать свое время более эффективно и/или приятно, будут самыми ценными.

ИТ-рынок испытывает тенденцию к производству и продвижению продуктов, более ориентированных на крупнейший демографический сегмент: женщин.

Женщины до сих пор недостаточно представлены на ключевых должностях в секторе ИТ и СМИ. Это упущенная возможность, так как в ведении женщин находятся от 70 до 80 % расходов домохозяйств, в том числе и крупные покупки: автомобили, компьютеры, дома. Поставщики ИТ-услуг должны провести соответствующий анализ и инвестировать в набор подходящего персонала, чтобы исправить перекос в охвате полов в принятии ими важных решений и творческом выборе. ИТ позволяют индивидуализировать процесс приобретения товаров и услуг, предоставляя всё больше возможностей потребителям.

Потребители имеют практически неограниченный доступ к информации, которая нужна им, чтобы принять более обоснованные решения о переходе на другой бренд. Иметь дело с такими покупателями гораздо труднее, но в то же время это дает возможность конкурентного отличия для производителя, который готов инвестировать в то, чтобы удовлетворить потребности таких потребителей. Вендорам следует оценить и повысить свою способность взаимодействовать и развивать отношения с покупателями, вводя такие программы, как послепродажная и техническая поддержка.

Потребительский рынок всё чаще обращается к соцсетям за новостями и информацией и отходит от традиционных каналов СМИ. Потребители больше выходят в социальные сети, чтобы получить еже-

дневную порцию новостей и информацию о внешнем мире, а заодно поделиться своими новостями и оставить свои комментарии. В результате, формат и содержание новостей выстраиваются вокруг каналов соцсетей.

Движением рынка управляют самостимулируемые схемы использования IT, кардинально меняющие поведение потребителей. Это самостимулирование показывает, что потребительский IT-рынок не только будет расти, но будет претендовать на всё большую часть потребительских расходов и создавать новые рынки в будущем. Поставщики IT должны предвидеть эти изменения в поведении потребителей, чтобы создать убедительное присутствие в новой соцсетевой среде.

В то же время две трети рынка можно назвать отстающими: они медленнее принимают новые услуги и цифровые каналы взаимодействия, и разработчики IT должны задуматься над созданием переходных продуктов и услуг, которые позволят таким запоздавшим также освоить эти технологии и продукты.

Потребитель находится в поиске новых институтов, брендов и ценностей, которым он может доверять. Крах уверенности в традиционных институтах, последовавший за банкротством банков, провалом правительств, коррупцией, экономической и гражданской нестабильностью и подрывом ранее принятых норм, заставил потребителей искать новые бренды, ценности и социальные организации, которым они могут доверять. Бренды, которые помогают своим покупателям пройти через трудные времена, смогут выстроить прочную связь и признание среди покупателей, что ведет к значительной возможности расширения такого бренда.

Потребительский рынок постепенно переходит в онлайн, но покупатели по-прежнему ждут взаимодействия с брендом по многим каналам. В плане масштаба магазины розничной торговли будут оставаться доминирующим источником дохода и в обозримом будущем, и важность онлайн-каналов зависит от конкретного продукта. Однако покупатели не размышляют о каналах, они просто покупают, и, следовательно, ритейлерам нужно сделать процесс совершения покупки как можно более лёгким, цельным и прозрачным. Поставщики IT должны строить свои операции по каналам вокруг своих систем бизнес-аналитики, чтобы слышать и понимать голос потребителя, и использовать эти инструменты, чтобы отслеживать поведение потребителей по всем каналам, перераспределять ресурсы и корректировать приоритеты. Потребительский рынок становится менее терпимым к сложности. Хотя потребители стараются покупать продукты с более богатой функциональностью, часто

они предпочтут те, которые проще и интуитивно понятнее. Способность предоставить привлекательный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс стала важнейшим фактором отличия между конкурирующими производителями ИТ. Технологии всё усложняются, и производителю нужно больше инвестировать в то, чтобы поддерживать пользовательский интерфейс простым и интуитивным. Следовательно, разработчики должны нацелиться на упрощение своих продуктов, на цены, укрепление бренда, обратную связь и взаимодействие с пользователем, а также рассмотреть возможность предложить платные услуги помощи для клиентов, испытывающих трудности с установкой и конфигурированием нового оборудования и услуг у них дома.

Прицел инноваций и потребления сдвигается к развивающимся рынкам. Демография, конечно, влияет на структуру потребления, но влияют и потребительская культура, ценности и отношение, в том числе и ожидания потребителей. Контакт с социальными слоями важен для бренда, ведь средний класс контролирует подавляющую часть национального дохода и совершает свой выбор бренда, руководствуясь факторами, иными, нежели цена. ИТ-компании должны повысить уровень взаимодействия и видимость бренда на развивающихся рынках через набор персонала и достижение понимания местных запросов потребителей и их предпочтений, применяя всё это в более широком процессе инноваций и в стратегии.

### **Библиографический список**

1. SDEP.RU Тенденции потребительского ИТ-рынка [Электронный ресурс]. – URL: [http://sdep.ru/news/?record\\_id=99364](http://sdep.ru/news/?record_id=99364) (дата обращения: 27.04.12).
2. СМАРТ СОРСИНГ Домашние пользователи – крупнейшие потребители ИТ в России [Электронный ресурс]. – URL: [http://smartsourcing.ru/blogs/otraslevye\\_novosti\\_i\\_sobytiya/1726](http://smartsourcing.ru/blogs/otraslevye_novosti_i_sobytiya/1726) (дата обращения: 18.10.2012).

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ РАЗРАБОТКИ ИТ-ПРОЕКТОВ

Студентка гр. 17В20 Т.Ю. Зорина

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Т.Ю. Чернышева*  
Юргинский технологический институт (филиал)  
Национального исследовательского Томского  
политехнического университета (ЮТИ ТПУ)

Современные производственные структуры представляют собой сложные многоуровневые системы, работающие в условиях быстроменяющейся рыночной среды. Обеспечение эффективного управления такими структурами невозможно без использования информационных технологий. Для успешного внедрения информационных систем важно учитывать особенности и уникальность технологий, обеспечивающих финансово-хозяйственную деятельность конкретного предприятия.

Проекты внедрения информационных технологий (ИТ-проекты) являются одними из наиболее сложных и дорогостоящих при автоматизации деятельности предприятий и сопряжены с различными рисками. При этом оценка эффективности этих проектов в решении задач управления предприятием и создание систем контроля и управления рисками приобретают первоочередное значение [1].

Цель работы – рассмотрение и изучение методов оценки рисков разработки и внедрения ИТ-проектов.

Рассмотрим методы оценки экономического риска, которые применяются в настоящее время.

Статистические методы – это дисперсионный, регрессионный и факторный анализ. Достоинство этого класса методов – определенная универсальность. Недостатками являются необходимость иметь большую базу данных, сложность и неоднозначность полученных выводов, трудности при анализе динамических рядов и так далее. Становится популярным метод кластерного анализа, результаты которого имеют практическую значимость. Чаще всего кластерный анализ используется при разработке бизнес-планов, при расчете общего коэффициента риска на основе данных, полученных в результате разбиения рисков на группы.

Аналитические методы используются наиболее часто. Их достоинства: они хорошо разработаны, просты для применения и оперируют несложными понятиями. К таким методам относятся: метод дисконтирования, анализ окупаемости затрат, анализ безубыточности производства, анализ чувствительности, анализ устойчивости.



При использовании метода дисконтирования корректируется норма дисконта на коэффициент риска, который получается методом экспертных оценок. Его недостаток в том, что мера риска определяется субъективно. Применение метода окупаемости затрат заключается в расчете срока окупаемости проекта. Использование метода факторного анализа позволяет определять степень влияния различных факторов на результирующий показатель. Методом анализа устойчивости определяется изменение основных экономических показателей проекта при неблагоприятном изменении различных факторов.

Под устойчивостью в экономике понимается способность некоторой экономической системы сохранять свою работоспособность после воздействия неблагоприятных факторов. Метод аналогий используется для прогноза финансового состояния проекта, риск его реализации сопоставляется с другим аналогичным проектом, который был реализован несколько ранее. Предполагается, что экономическая система, в рамках которой реализовывался проект, ведет себя аналогичным образом.

Метод экспертных оценок основан на интуиции и практических знаниях специально подобранных людей, то есть экспертов. В ходе работы происходит опрос экспертов. При этом используются различные методы, и на основе этого опроса строится прогноз инвестиционного проекта. При надёжном подборе экспертов и оптимальной организации их работы это один из самых точных и надежных методов.

В отличие от метода экспертных оценок, который построен на интуиции экспертов, метод экспертных систем базируется на специальном программно-математическом обеспечении для ЭВМ. Программное обеспечение включает базу данных, базу знаний, интерфейс.

Основной недостаток вышеперечисленных методов заключается в том, что они оперируют конкретными детерминирующими значениями коэффициентов риска. Коэффициенты риска рассчитываются либо методом экспертных оценок, либо другими методами. И при этом из рассмотрения исключаются случайные составляющие процесса эволюции экономической ситуации на рынке товаров и услуг. Однако игнорирование этой составляющей достаточно часто приводит к неверным результатам.

Для корректной оценки риска финансово-хозяйственной деятельности необходимо исследовать не только детерминирующее изменение рыночной ситуации, но и ее стохастическое изменение. От детерминирующих моделей необходимо переходить к вероятным моделям прогнозирования рыночной ситуации [2]. Метод экспертных оценок представ-

ляет собой комплекс логических и математико-статистических методов и процедур по обработке результатов опроса группы экспертов, причем результаты опроса являются единственным источником информации. В этом случае возникает возможность использования интуиции, жизненного и профессионального опыта участников опроса. Метод используется тогда, когда недостаток или полное отсутствие информации не позволяет использовать другие возможности. Метод базируется на проведении опроса нескольких независимых экспертов, например, с целью оценки уровня риска или определения влияния различных факторов на уровень риска. Затем полученная информация анализируется и используется для достижения поставленной цели. Основным ограничением в его использовании является сложность в подборе необходимой группы экспертов.

Каждому эксперту, работающему отдельно, предоставляется перечень возможных рисков и предлагается оценить вероятность их наступления по следующей системе оценок:

- 0 – несущественный риск;
- 25 – рисковая ситуация, вероятнее всего не наступит;
- 50 – о возможности рискованной ситуации ничего определённого сказать нельзя;
- 75 – рискованная ситуация, вероятнее всего, наступит;
- 100 – рискованная ситуация наступит наверняка.

Чтобы не допустить противоречия в оценках экспертов, разница между оценками для разных экспертов по любому виду рисков не должна превышать 50. Чтобы избежать доминирующего мнения лидера и принять групповое решение, оценки проводятся анонимно. После обработки информации результат сообщают каждому эксперту и, не формируя, кто дал каждую оценку, экспертизу повторяют.

Пределными величинами вероятности риска убытков при инвестициях по оценкам экспертов являются:

- для инвестиций, отягощенных допустимым риском, – 0,1;
- для инвестиций, отягощенных критическим риском, – 0,01;
- для инвестиций, отягощенных катастрофическим риском, – 0,001.

Метод аналогов используется, когда применение иных методов по каким-либо причинам неприемлемо. Метод использует базу данных аналогичных объектов для выявления общих зависимостей и переноса их на исследуемый объект [3].

### **Библиографический список**

1. Оценка рисков проектов внедрения информационных технологий в процесс управления производственными предприятиями [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dissercat.com/content/otsenka-riskov-proektov-vnedreniya-informatsionnykh-tekhnologii-v-protsess-upravleniya-proiz> (дата обращения: 06.12.12).
2. Методы оценки показателей риска [Электронный ресурс]. – URL: [http://obekonomike.ru/publ/analiz\\_khozjajstvennoj\\_dejatelnosti/metody\\_ocenki\\_pokazatelej\\_riska/3-1-0-89](http://obekonomike.ru/publ/analiz_khozjajstvennoj_dejatelnosti/metody_ocenki_pokazatelej_riska/3-1-0-89) (дата обращения: 06.12.12).
3. Метод экспертных оценок [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.provsebanki.ru/text/96> (дата обращения: 06.12.12).

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ДАННЫХ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПО СКОРОСТНЫМ СЕТЯМ

Студенты гр. ЭВТ-08 А.Ю. Паньков, Я.Д. Ключихин

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Г.Ф. Масич

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

*Lambda Grid* – парадигмы распределенных вычислений основаны на параллелизме потоков данных [1], передаваемых по скоростным оптическим сетям со спектральным уплотнением каналов. Оценка эффективности разрабатываемых программ взаимосвязи конечных систем требует построения систем визуализации параллельных потоков данных, изображения которых наглядно бы иллюстрировали узкие места во всем тракте передачи данных. В статье описано разработанное для этой цели программное обеспечение и возможности его использования. Работа выполнена при поддержке Уральского отделения РАН (код проекта 12–П–1–2012) и РФФИ (грант № 11-07-96001).

В ИМСС УрО РАН разработан протокол PIV (перенос вычислений на удаленные суперкомпьютеры по параллельным TCP-соединениям). Данные, полученные при работе протокола PIV, записывались в log-файлы. Сложность анализа текстовой информации (более 10 000 записей в одном log-файле) привела к невозможности быстро и качественно оценить работу модели.

Эффективной формой анализа протоколов передачи данных является визуализация. Из-за сложности адаптации существующего log-файла под готовые решения была создана собственная программа визуализации «PIVLog».

**Исходные данные.** Протокол PIV является протоколом прикладного уровня [2], работает по схеме «запрос–ответ» и базируется на протоколе TCP. Текущая архитектура позволяет использовать вместо протокола TCP любой протокол, работающий в потоковом режиме и гарантирующий доставку данных [3].

Протокол поддерживает три типа пакетов (поле «Команда» протокола PIV) (рис. 1): GET – запрос данных вычислительными узлами у ЭУ; POST – передача данных с вычислительных узлов на ЭУ; RESPONSE – пакет ответа на запрос вычислительного узла.

Информация о подтипе RESPONSE-пакета кодируется в поле статуса. Через поле статуса вычислительным узлам сообщается, успешно ли был обработан запрос или нет. В случае неуспеха конкретное значение поля статуса определяет произошедшую ошибку.

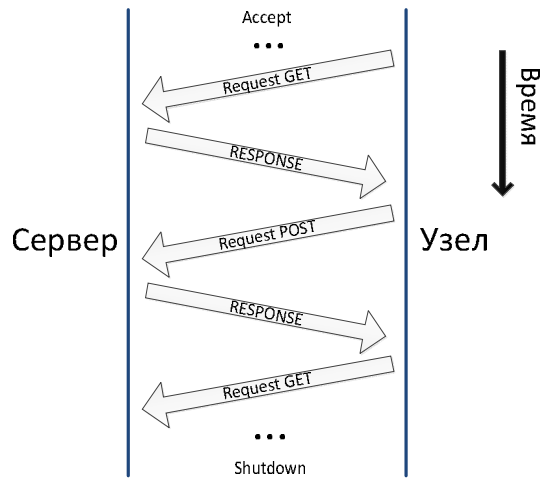


Рис. 1. Соединение сервер-узел

**Программа PIVLog.** Основное требование к работе программы: совместимость исполняемого модуля и библиотек с дистрибутивами RedHat 4+, Suse 10+, опционально *Windows XP/Vista 7*.

На этапе проектирования программы было принято отказаться от скриптовых языков программирования в пользу Qt с мощной библиотекой построения и отображения графиков QWT 6.0.1. Программа представляет данные log-файла в понятном человеческому глазу графическом формате (рис. 2). Он представляет собой график, состоящий из двух осей: TCP-соединения (или узлы) и время. Элементы графика – блоки разного цвета. Каждый цвет представляет определенное событие.



Рис. 2. Интерфейс программы PIVLog

Интерфейс *PIVLog* показан на рис. 2 (главное окно программы):

1. Выбор log-файла, просмотр log-файла в текстовом режиме, статистика работы сервера, экспорт результата в графический формат, просмотр графика в полном масштабе.

2. Вертикальная ось отражает узлы (TCP соединения). Формат: [IP-адрес узла]: [порт].

3. Горизонтальная ось отражает время. Формат: [часы]:[минуты]:[секунды] [микросекунды]  $\mu$ s.

4. Количество узлов (TCP соединений).

5. Легенда графика.

**Апробация.** Для тестирования программы *PIVLog* использован набор log-файлов протокола PIV, который был получен при реальной передаче потока экспериментальных данных на удаленный суперкомпьютер [3]. В эксперименте [3] эмулировались два значения времени расчета одного блока данных (одного измерения) – 0 и 1 с.

На рис. 3 приведен график зависимости скорости передачи от числа используемых вычислительных узлов суперкомпьютера для случаев с разным временем обработки одного блока данных. Эти данные получены из таблиц программы *PIVLog* («Statistics»), сформированных при помощи последовательного открытия реальных log-файлов и последующего программного расчёта основных параметров по заданным формулам.

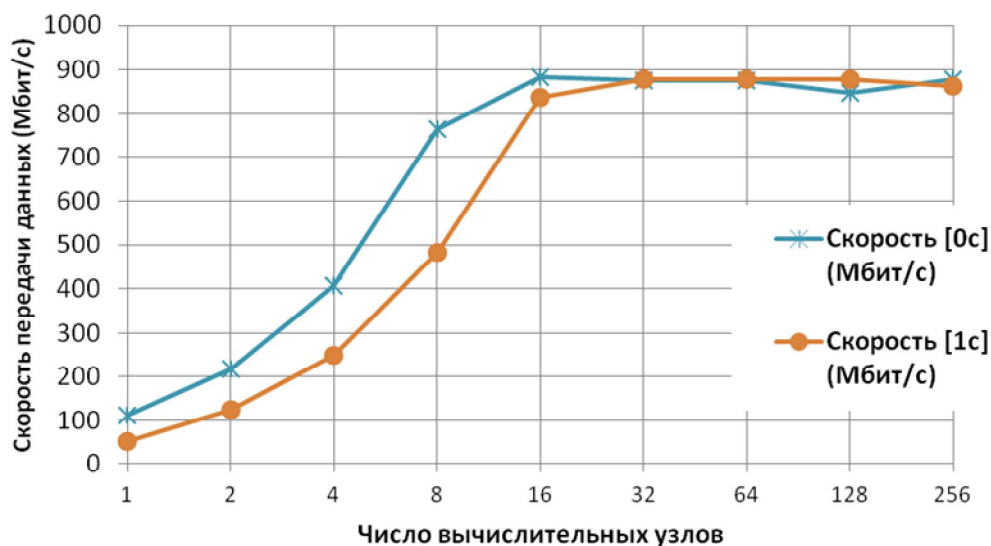


Рис. 3. Скорость передачи множества данных

Из рис. 3 видно, что при использовании более 16 вычислительных узлов канал передачи данных переходит в режим насыщения и не позволяет увеличить пропускную способность такой системы в целом.

На рис. 4, 5, 6 и 7 приведены гистограммы с параметрами скорости передачи данных и латентности восьми и шестнадцати параллельных TCP-соединений соответственно при значении времени расчета одного блока данных – 0 с.

Латентность – отзывчивость системы, характеризует среднее время, затраченное на прием, обработку и передачу данных узлом, начиная с запроса узлом данных на обработку и заканчивая приемом ЭУ результата вычислений, определяется по формуле

$$\text{Latency} = \frac{\sum_{k=1}^n (t_{k \text{ конец POST}} - t_{k \text{ начало GET}})}{n},$$

где  $n$  – количество завершенных циклов запроса, приема, обработки и передачи данных для одного TCP-соединения.

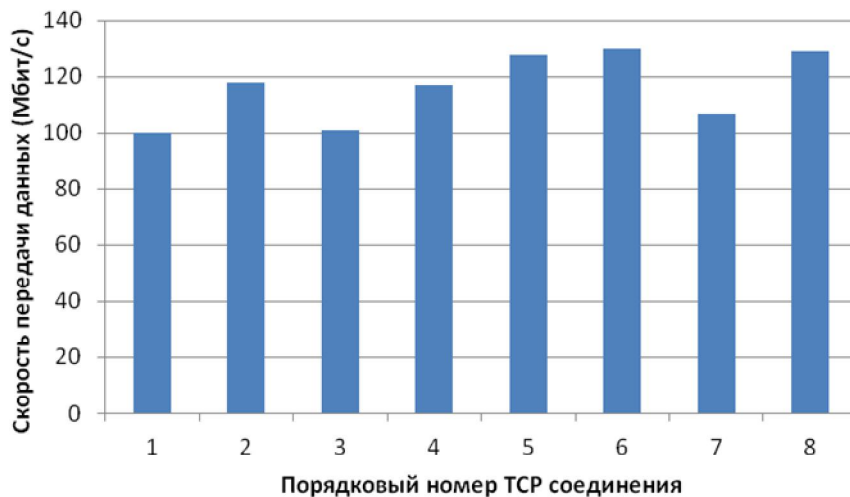


Рис. 4. Скорость передачи данных для каждого TCP-соединения

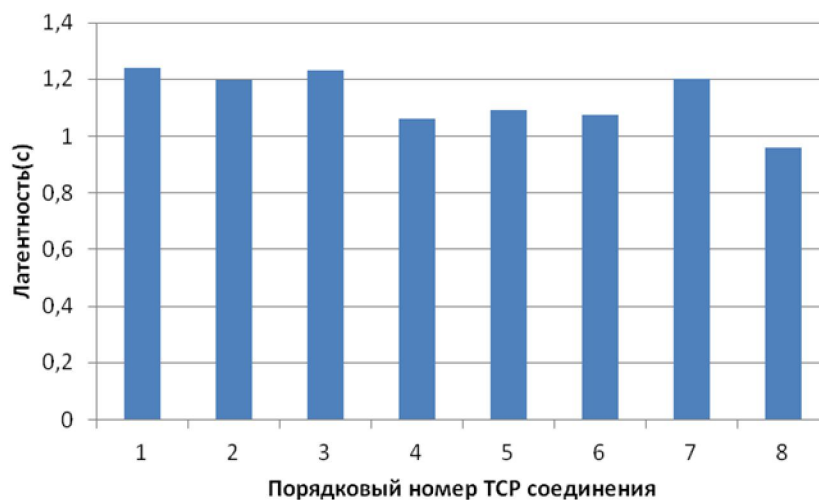


Рис. 5. Латентность системы для каждого TCP-соединения

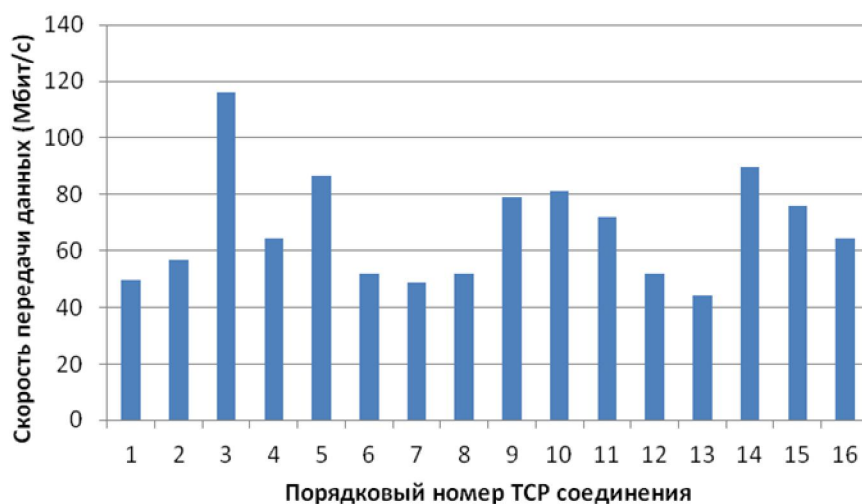


Рис. 6. Скорость передачи данных для каждого TCP-соединения

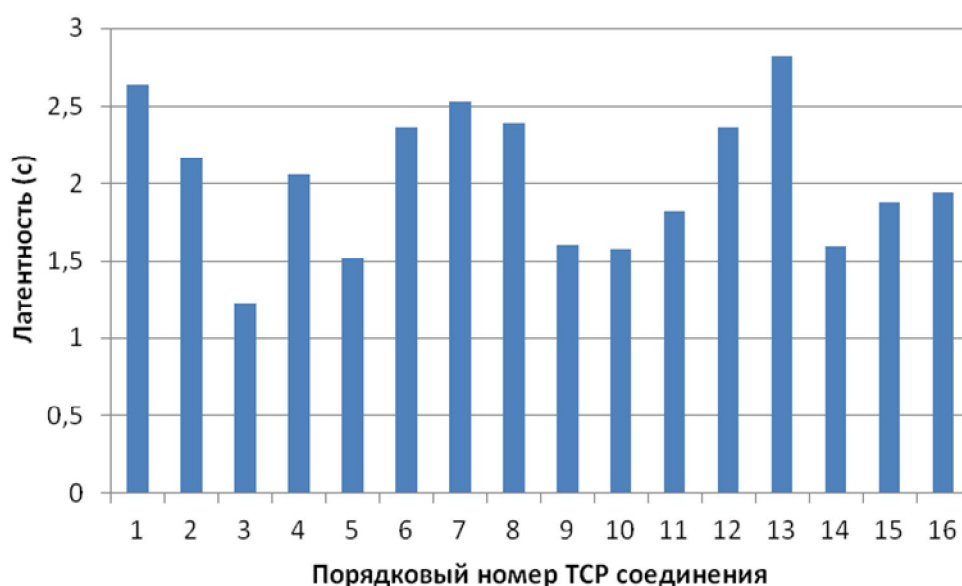


Рис. 7. Латентность системы для каждого TCP соединения

Выявленный средствами *PIVLog* разброс скорости передачи данных и латентности в конкурирующих потоках – предмет дальнейших исследований разработчиков систем передачи интенсивных потоков данных по скоростным сетям [4].

**Заключение.** Программа *PIVLog* позволяет получить в графическом и табличном виде статистику работы как всего end-to-end тракта, так и каждого TCP-соединения в нем. Чрезвычайно важно, выполнив измерения, например, на реальном участке оптической магистрали Пермь–Екатеринбург с гарантированными каналами связи 1–10 Гбит/с, и используя возможности *PIVLog*, определить допустимое число конкурирующих потоков, обеспечивающих максимальную пропускную способность тракта передачи данных.



### Библиографический список

1. Масич А.Г., Масич Г.Ф. От инициативы GIGA UrB RAS к Киберинфраструктуре УрО РАН // Вестник Пермского научного центра (октябрь-декабрь 4/2009) / ПНЦ УрО РАН. – Пермь, 2009. – С. 41–56.
2. Zbornik Radova Konferencije MIT 2011 [Электронный ресурс] / Ю. Сокин, Л. Кубаров, Х. Милосевич, Н. Раденкович [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mit.rs/2011/zbornik-2011.pdf>, свободный. (Загл. с экрана). – С. 268.
3. Поточковая обработка больших массивов экспериментальных данных на удаленном суперкомпьютере [Электронный ресурс] / А.Г. Масич, Г.Ф. Масич, В.А.Щапов, Р.А. Степанов. – URL: <http://conf.nsc.ru/MIT-2011/reportview/58229/>, свободный.
4. Timeplotters: two tools for visualizing logs and temporal data [Электронный ресурс] / Е. Кирпичев. – URL: <http://jkff.info/software/timeplotters/timeplotters-manual.pdf>, свободный.

# ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОТОКОЛА ТСП В СКОРОСТНЫХ ПРОТЯЖЕННЫХ СЕТЯХ

Студент гр. ЭВТ-08 И.А. Сидоров

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Младший научный сотрудник А.Г. Масич

Институт механики сплошных сред УрО РАН

Рассматриваются проблемы использования традиционных транспортных протоколов при передаче интенсивных потоков данных по скоростной оптической сети большой протяженности. Описан Web10G инструментарий для исследования протокола ТСП. Приведены результаты измерений, иллюстрирующие эффективность используемых диагностических средств. Исследование проводится при поддержке РФФИ (грант № 11-07-96001).

Одним из основных источников ухудшения совокупной производительности территориально распределенных высокоскоростных приложений является плохая end-to-end производительность ТСП. Так, например, при обработке интенсивного потока экспериментальных данных на удаленном суперкомпьютере [1] достигнутая скорость одного ТСП-соединения составила чуть более 30 % от предоставленной на момент измерений скорости в канале связи 1 Гбит/с протяженностью чуть менее 500 км. А доступные измерительные инструменты (ping, Traceroute, Tcpdump, Pchar, Iperf) не позволяют выявить первопричину плохой производительности ТСП и диагностировать эффективность результатов настройки ТСП-стратегии управления перегрузкой. В статье анализируются существующие средства диагностики ТСП-протокола и приводится опыт использования инструментария проекта Web10G [2].

**Постановка задачи.** М. Mathis [3] описал отношение между верхней границей пропускной способности ТСП ( $BW$ ), максимальным размером сегмента  $MSS$ ,  $RTT$ -пакетов, скоростью канала связи  $C$  и потерей пакетов  $p$  при помощи уравнения

$$BW \leq \frac{MSS}{RTT} \frac{C}{\sqrt{p}}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что для достижения существенной производительности ТСП при относительно большом  $RTT$  максимальный уровень потери пакетов  $p$  должен быть очень низким [4]:

$$p < \left( \frac{MSS}{BW \cdot RTT} \right)^2. \quad (2)$$

Отметим также, что произведение  $BW \cdot RTT$  называется в англоязычной литературе параметром BDP (bandwidth-delay product), большая величина которого при малой величине потерянных пакетов  $p$  в сети характерна для протяженных скоростных линий связи. Этим условиям соответствует разрабатываемая в рамках «Инициативы GIGA UrB RAS» скоростная научно-образовательная оптическая магистраль со спектральным уплотнением каналов Уральского отделения РАН [5]. И проблема эффективного использования гарантированных каналов связи 1–10 Гбит/с (утилизации канала связи) заключается в правильном выборе и понимании влияния стратегий управления перегрузкой на пропускную способность TCP.

**Существующий инструментарий.** В проектах *Network Weather Service*, *NetLogger* и *Gloperf* занимаются проектированием и разработкой пользовательского уровня диагностики и управления пропускной способностью сети, полный их список можно найти в [6]. Небольшой набор инструментов измерения производительности транспортных протоколов, таких как *Treno* и TCP *Testrig* доступны, но использование этих инструментов требует обширных знаний сетей и характеристик TCP наряду с привилегированным доступом к сетевым устройствам в операционной системе [4]. Можно использовать комбинацию этих инструментов, чтобы диагностировать и исправить проблемы хоста и сетевого приложения, но существуют внутренние проблемы с методологиями в рамках каждого инструмента, которые должны быть приняты во внимание. И необходимы высокая степень знания и опыт в области сетевых технологий и операционных систем для получения полной выгоды от использования этих инструментов.

Без использования специальных приложений можно узнать только небольшую часть параметров при помощи стандартной утилиты *sysctl*, например, используются ли селективные отказы (*net.ipv4.tcp\_sack*), временные метки (*net.ipv4.tcp\_timestamps*), максимальные значения окон приема и передачи TCP (*net.core.rmem\_max* и *net.core.wmem\_max*), размер буферов приема и передачи (*net.ipv4.tcp\_rmem* и *net.ipv4.tcp\_wmem*), а также при помощи *ifconfig* размер MTU.

Наиболее удачным подходом решения проблемы тонкой настройки TCP является проект *Web100* (Web10G), разработанный и поддерживаемый командой Питтсбургского центра супервычислений. *Web100* предоставляет доступ к расположенным в ядре переменным протокола TCP, позволяя считывать (и изменять) их. Знание динамики изменения параметров, таких как *CurCwnd* (текущее окно перегрузки),

NonRecvDA (количество дубликатов подтверждений), RTTVar (значение RTT), Sndbuf (размер буфера приема), Rcvbuf (размер буфера отправки) и многих других, позволяет выявить первопричину недостаточной производительности и скорректировать стратегию управления перегрузкой.

**Web10G.** *Web10G*, являясь последней реализацией *Web100*, состоит из двух основных компонентов. Первый компонент – набор модификаций ядра *Linux*, которые экспортируют измерения TCP, переменные и настройки через *Linux* *'/proc'*-интерфейс. Он основан на наборе инструментов ядра (Kernel Instruments Set – KIS). Второй основной компонент *Web100* – графическое пользовательское приложение – Инструмент диагностики разработчика (Diagnostic Tool Builder – DTB), который обеспечивает интерфейс для инструментария TCP *Web100* в форме числовых индикаторов, гистограмм и круговых диаграмм значений данных, полученных *Web100* [4].

Наиболее существенным результатом этого проекта является разработанная в дополнении к KIS база управляющей информации *TCP Extended Statistics MIB* (RFC 4898, May 2007, M. Mathis, J. Heffner). На рис. 1 представлена структура проекта *Web100*, иллюстрирующая расположение и взаимодействие инструментария *Web100* с сетевым стеком ядра *Linux*.

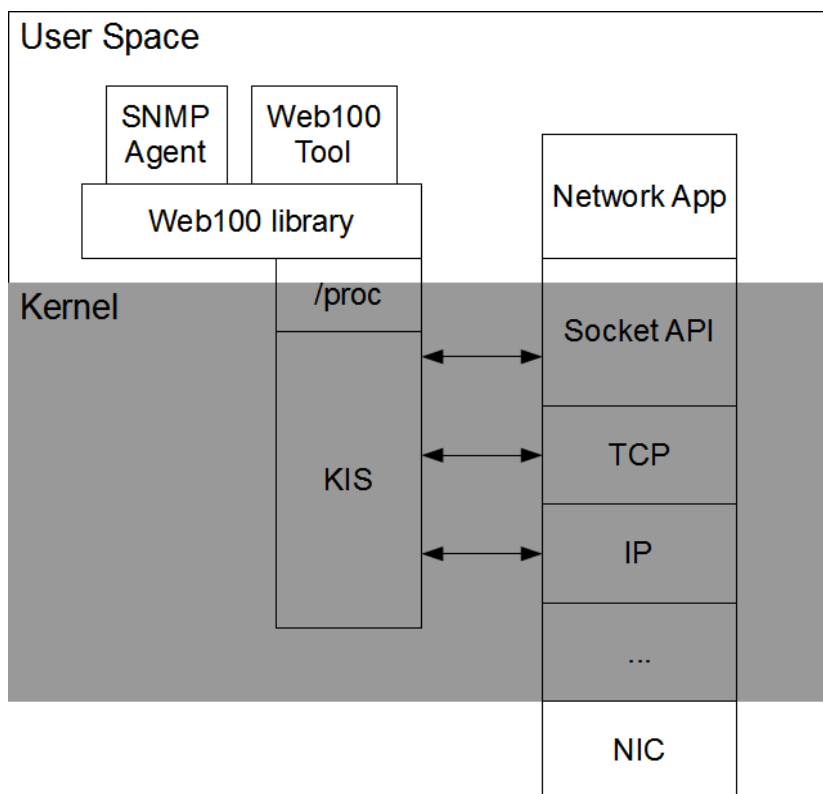


Рис. 1. Структура реализации *Web100* [7]

Проект *Web10G* стартовал в 2011 году и является непосредственным продолжением проекта *Web100*. Цель *Web10G* – обновление исходного кода ядра (доступного по адресу <http://www.kernel.org/pub/linux/kernel/>) и перемещение ABI-ядра от /proc-интерфейса к Netlink-интерфейсу. Это было вызвано такими ограничениями *Web100*, как:

- интерфейс /proc осуждается в основной ветке *Linux*;
- интерфейс /proc не масштабируется;
- набор инструментов ядра (KIS) основан на RFC 4898;
- KIS полностью поддерживает только алгоритм управления перегрузкой RENO [2].

*Web10G* отделяет TCP-инструментарий от /proc ABI (Application Binary Interface). Новый ABI реализуется как *dkm* (Dynamically Loadable Kernel Module – динамически загружаемые модули ядра). У этого подхода есть много преимуществ, все из которых происходят от возможности поддерживать множественное ABI и переключатель между ними по желанию. Прежний /proc ABI сохраняется для обратной совместимости. Тем не менее использование *dkm* позволяет пользователям отключать инструментарий и разрабатывать нестандартный ABI и предоставляет гибкость разработчикам ABI [8].

Новый ABI использует Netlink/Genetlink-фреймворк, представленный в ядре [2]. *Netlink* – IPC-механизм для связки процессов пространства пользователя и процессов уровня ядра. *Netlink* был разработан, чтобы стать более гибким преемником *ioctl* для обеспечения главным образом сетевой связки ядра и интерфейса контроля [9]. На рис. 2 представлена структура *Netlink*.

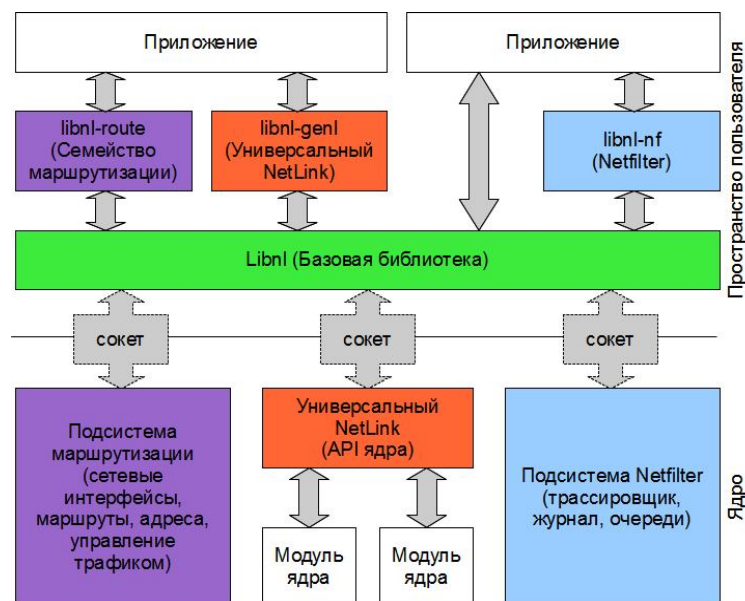


Рис. 2. Структура *Netlink* [9]

Преимущества *Web10G*:

– ABI-ядро *Web10G* более эффективен и расширяем: подходит для производственных серверов; *Web100* ограничен 30 000 соединений, *Web10G* может обрабатывать миллионы;

– API, предоставляемое пользователю, проще в использовании: только 4 вызова; нет групп чтения/записи; использует принцип SNMP;

– *Web10G* активно обновляется, чтобы соответствовать текущим версиям ядра, и будет продолжать делать это [2].

Конечной целью проекта *Web10G* является внедрение инструментария TCP в основной код ядра *Linux* так, чтобы он был распространен во все версии *Linux* и всем пользователям, без лишних усилий. Самый важный шаг – включение в основной код *Linux* – не находится под прямым контролем разработчиков проекта и не может быть гарантирован. Основная стратегия разработчиков *Web10G* состоит в том, чтобы получить: качественный код для включения в основной код *Linux*; комплект диагностических и измерительных инструментов с открытым исходным кодом; сообщество активных пользователей, которые желают получить эти инструменты для широкого спектра использования и могут подтвердить ценность инструментария остальной части сообщества *Linux*.

Установка патча ядра и инструментария требует определенных навыков со стороны пользователя, таких как умение работать в среде \*nix, навыков работы в терминале (командной строке). Установку можно легко провести по инструкции [10] для старых версий инструментария без использования *Netlink* (версия ядра *Linux 3.0* или ниже), либо по инструкции, предоставляемой вместе с более новой версией инструментария (версия ядра *Linux 3.1* или выше). Инструментарий с патчем ядра доступен для скачивания по адресу: [http://web10g.org/index.php?option=com\\_remository&Itemid=65&func=select&id=4](http://web10g.org/index.php?option=com_remository&Itemid=65&func=select&id=4).

Была проведена установка двух версий инструментария: 1) ядро *Linux 3.0.24* + инструментарий без *Netlink*; 2) ядро *Linux 3.5.7* + инструментарий с *Netlink*. Установка проводилась на хост со следующими характеристиками: CPU – Intel Core i3-2310M – 2×2,1GHz; RAM – 8Gb DDR3; Ethernet Controller – Atheros AR8151 Gigabit Ethernet Controller.

Поставляемые вместе с инструментариями примеры приложений обладают схожими возможностями, но есть различия в предоставляемом API. В API-инструментарии без использования *Netlink* присутствует возможность создания приложений для записи динамики изменения параметров соединения в лог-файл, а также чтения лог-файлов с такими данными.

Измерения проводились на канале ИМСС УрО РАН (г. Пермь) – ИММ УрО РАН (г. Екатеринбург), использующем оптическую транспортную сеть, создаваемую в рамках «Инициативы GIGA UrB RAS» [5]. Время распространения сигнала по оптоволокну составляет 5 мкс/км и для оптической трассы «Пермь–Екатеринбург» (456 км×5 мкс/км) равно примерно 2,3 мс без учета задержек в очередях L2-коммутационного облака оконечных систем. Эта величина задержки экспериментально подтверждается измерением RTT: 5 мс [11]. Параметры хоста в г. Екатеринбурге: CPU Intel Xeon E5520-4×2,27GHz; RAM – 18Gb DDR3; Ethernet Controller – Intel Corporation 82576 Gigabit Network Connection.

Для двух соединений с разными стратегиями управления перегрузкой были получены следующие скорости передачи: Cubic – 143 Mbits/s; Reno – 97,2 Mbits/s.

На рис. 3 представлено сравнение работы алгоритмов управления перегрузкой *Cubic* и *Reno* (значение окна перегрузки). Вид графиков соответствует теоретическим данным. Видно, что стратегия управления перегрузкой *Reno* ведет себя более «осторожно» и не имеет большого числа перегрузок по сравнению с *Cubic*.

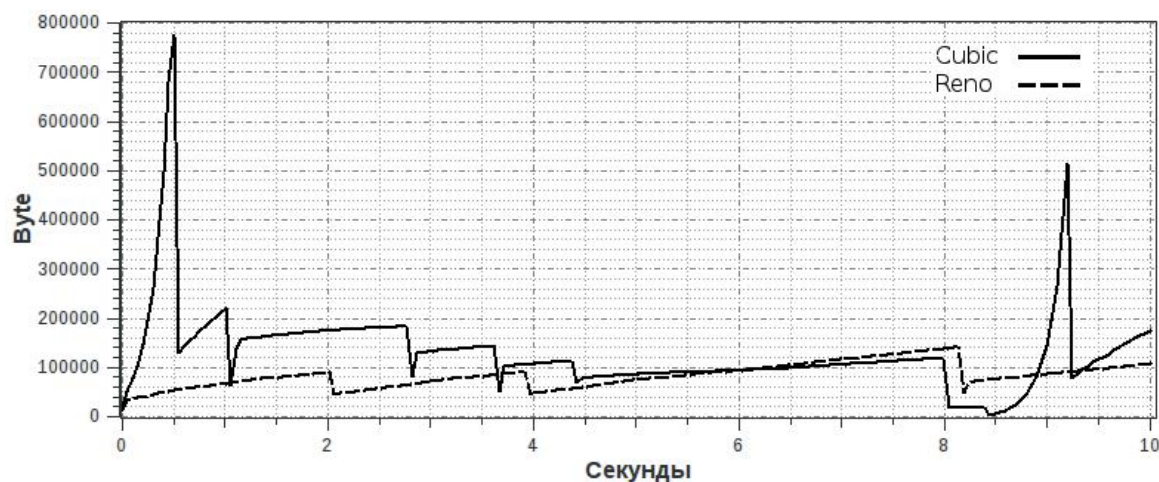


Рис. 3. Сравнение динамики параметра  $CurCwnd$  для *Cubic* и *Reno*

**Выводы.** Графическое представление динамики изменения параметров TCP позволяет гораздо проще и тщательнее проводить анализ проблем TCP-соединений. Пока нереализованная возможность управления параметрами при помощи протокола SNMP, общепринятая в Интернете, позволяет упростить процедуру тонкой настройки для требований различных приложений и сетевых возможностей их взаимодействия.

## Библиографический список

1. Обработка на супервычислителе потока экспериментальных данных / Р.А. Степанов, А.Г. Масич, А.Н. Сухановский, В.А. Щапов, А.С. Игумнов, Г.Ф. Масич // Вестник УГАТУ. – Уфа. – 2012. – Т. 16. – № 3(48). – С. 126–133.
2. Chris Rapier, Web10G: TCP Extended Statistics. – URL: [http://web10g.org/index.php?option=com\\_remository&Itemid=65&func=startdown&id=51](http://web10g.org/index.php?option=com_remository&Itemid=65&func=startdown&id=51) (дата обращения: 13.12.2012).
3. Mathis M. – URL: <http://staff.psc.edu/mathis/> (дата обращения: 13.12.2012).
4. Hacker T., Athey B., Sommerfield J. Experiences Using Web100 for End-To-End Network Performance Tuning. – URL: <http://web100.org/docs/ExperiencesUsingWeb100forHostTuning.pdf> (дата обращения: 13.12.2012).
5. Инициатива GIGA UrB RAS: методология построения и архитектура научно-образовательной оптической магистрали Уральского отделения РАН / А.Г. Масич, Г.Ф. Масич, В.П. Матвеев, Г.Г. Тирон // Математические и информационные технологии MIT-2011: тр. междунар. конф. – Белград, 2012. – С. 257–265.
6. Alphabetical List of Software Available on PSC Systems. – URL: <http://www.psc.edu/index.php/users/software> (дата обращения: 13.12.2012).
7. Web100: Extended TCP Instrumentation, M. Mathis, J. Heffner, R. Reddy. – URL: <http://web10g.org/media/papers/mathis03web100.pdf> (дата обращения: 13.12.2012).
8. SDCI Net Improvement: Web10Gig – Taking TCP Instrumentation to the Next Level. Year 1 Annual Report. August 2011. – URL: [http://web10g.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=71](http://web10g.org/index.php?option=com_content&view=article&id=71) (дата обращения: 13.12.2012).
9. Netlink Protocol Library Suite (libnl). – URL: <http://www.infradead.org/~tgr/libnl> (дата обращения: 13.12.2012).
10. Building a Web10G Kernel. – URL: [http://web10g.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22&Itemid=57](http://web10g.org/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=57) (дата обращения: 13.12.2012).
11. Щапов В.А., Масич А.Г., Масич Г.Ф. Модель потоковой обработки экспериментальных данных в распределенных системах // Вычислительные методы и программирование. – 2012. – Раз. 2. – С. 139–145.



## СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ПРОТОКОЛА TCP: *RENO* И *CUBIC*

Студенты гр. ЭВТ-08 М.В. Ланцова, И.А. Сидоров

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Г.Ф. Масич

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Рассматриваются особенности стратегий управления потоком в TCP Reno и CUBIC и результаты измерений при передаче потока данных по скоростной оптической сети большой протяженности. Показана область эффективного использования *RENO* и *CUBIC* в зависимости от числа параллельных соединений. Исследование проводится при поддержке Уральского отделения РАН (код проекта 12-П-1-2012).

**Постановка задачи.** Важнейшим элементом работы TCP являются механизмы управления перегрузкой, которые ориентированы на определенные области использования и сетевые ресурсы. В RFC 5681 [1] определены 4 связанных между собой алгоритма управления перегрузкой (congestion control algorithms) для протокола TCP: медленный старт (SS – slow start), предотвращение перегрузки (CA – congestion avoidance), быстрой повторной передачи (FR – fast retransmit) и быстрое восстановление (fast recovery). Алгоритмы медленного старта (SS) и предотвращения перегрузки (CA) используются отправителем TCP для контроля передачи еще не переданных данных.

Для отображения состояния TCP-соединения используются следующие переменные:

1. Окно перегрузки **cwnd** (congestion window) – задаваемое на стороне отправителя количество данных, которые отправитель может передать в сеть до получения подтверждения (ACK).

2. Анонсируемое получателем окно **rwnd**, которое определяет установленный на приемной стороне предел размера остающихся данных. Передачей управляет меньшее из двух значений cwnd и rwnd.

3. Порог медленного старта **ssthresh** (slowstart threshold) используется для определения момента, когда следует использовать алгоритм медленного старта.

4. Максимальный переданный размер окна SMSS (Sender Maximum Segment Size – максимальный размер сегмента отправителя).

Алгоритм медленного старта используется для зондирования сети с целью определения пропускной способности на начальном этапе передачи или после восстановления в результате потери пакетов, обнаруженной с помощью таймера повторной передачи RTO. Начальное значение ssthresh **следует** устанавливать сколь угодно высоким, но оно

**должно** быть уменьшено при возникновении перегрузки. В фазе медленного старта TCP увеличивает размер окна  $cwnd$  не более чем на  $SMSS$  байтов для каждого пакета ACK, кумулятивно подтверждающего доставку новой порции данных. Хотя традиционные реализации TCP увеличивают  $cwnd$  ровно на  $SMSS$  байтов при получении ACK, подтверждающего новые данные, RFC 5681 рекомендует увеличивать значение  $cwnd$ , как показано в уравнении:

$$cwnd+ = \min(N, SMSS), \quad (1)$$

где  $N$  – число ранее не подтвержденных байтов, подтверждаемых входящим ACK.

В фазе предотвращения перегрузки (CA) размер окна  $cwnd$  увеличивается на 1 полноразмерный сегмент за каждый период кругового обхода RTT:

$$cwnd+ = SMSS * SMSS / cwnd. \quad (2)$$

Это изменение выполняется на каждый входящий сегмент ACK, который подтверждает новые данные. Уравнение (2) обеспечивает подходящее приближение для лежащего в основе принципа увеличения  $cwnd$  на 1 полноразмерный сегмент за период RTT.

**Проблема.** В сетях с большим BDP (bandwidth-delay product) для полного использования полосы пропускания большое число пакетов должно быть в пути, т.е. размер окна перегрузки должен быть большим. В стандартном TCP, например, Reno, NewReno и SACK, окно увеличивается один раз за RTT. Это делает передачу данных в рамках протокола TCP, используемого в большинстве операционных систем, включая *Windows* и *Linux*, достаточно вялой, не использующей всю имеющуюся полосу пропускания. Это особенно характерно для коротких сессий, где окно не успевает даже приблизиться к оптимальному значению.

Например, если полоса пропускания фрагмента оптической сети на участке Пермь–Екатеринбург равна 10 Гбит/с, а RTT = 5 мс, при длине пакетов 1500 байт, BDP сегмента будет составлять примерно 3300 пакета. Для TCP, чтобы довести окно со значения 1650 до 3300, потребуется около 1650 RTT, что составляет 8250 мс (8,25 с). Если TCP-соединение завершится раньше или будут одиночные ошибки, полоса канала будет существенным образом недоиспользована [3].

**TCP Reno.** Теоретическая динамика окна перегрузки TCP *Reno* показана на рис. 1 (SS – Slow Start: фаза медленного старта, CA – Congestion Avoidance: фаза предотвращения перегрузки, FR – Fast Recovery: фаза быстрого восстановления) [2]. По сравнению с динамикой TCP *Tahoe* общая эффективность в стационарном состоянии существенно улучшилась путем

замены фазы медленного старта на фазу быстрой ретрансляции после обнаружения каждой потери.

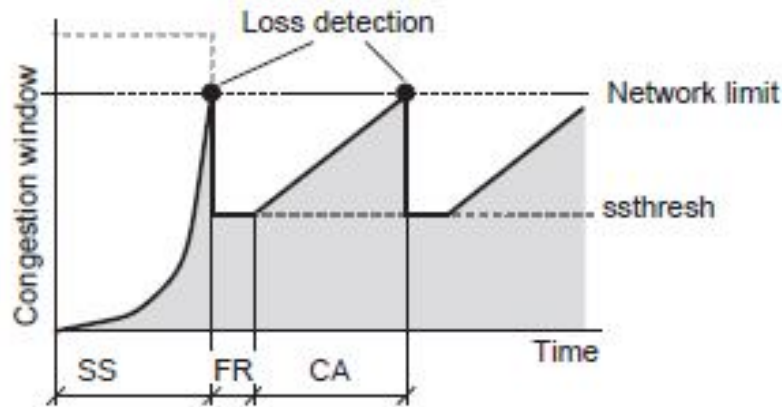


Рис. 1. Динамика окна перегрузки в TCP Reno [2]

В общем виде расчет  $cwnd$  TCP Reno можно представить следующей формулой:

$$cwnd(t + t_A) = \begin{cases} \text{фаза медленного старта :} \\ cwnd(t) = cwnd(t) \cdot 2, & \text{if } cwnd(t) < ssth(t); \\ \text{фаза предотвращения перегрузки :} \\ cwnd(t) + 1, & \text{if } cwnd(t) \geq ssth(t); \end{cases} \quad (3)$$

где  $ssth(t)$  [пакетов] – значение порога, при котором TCP переходит из фазы медленного старта в фазу исключения перегрузки.

На самом деле восстановление после потери одного пакета происходит в течение одного RTT. Тем не менее эффективность повышается не только за счет сокращения периода восстановления, но и за счет разрешения передачи данных во время восстановления. TCP Reno является справедливым по отношению к конкурирующим Reno-потокам. Однако при наличии в сети нескольких конкурирующих потоков, например, Reno и Tahoe, у потоков Reno оказывается больше сетевых ресурсов. Благодаря своей простоте и эксплуатационным характеристикам Reno стал стандартным алгоритмом управления перегрузкой в TCP.

В то же время существует широкий спектр сетевых сред, в которых стратегия Reno не является эффективной. Например, при наличии последовательных потерь пакетов, случайных потерь или при изменении порядка пакетов происходит потеря производительности. При различных RTT также не происходит справедливого распределения ресурсов между потоками, то же самое происходит в высокоскоростных каналах и в сетях с долгой задержкой. Одна из уязвимостей алгоритма быстрого восстановления Reno проявляется тогда, когда во время одной перегруз-

ки происходит несколько потерь. Это значительно снижает производительность *Reno* в сетях с большой нагрузкой.

**TCP SACK.** Mathis и другие [2] предложили расширить протокол TCP введением опции SACK – селективного подтверждения. Эта опция позволяет получателю сообщить о блоках успешно доставленных пакетов данных. Однако ограниченная длина поля опций (40 байт) не позволяет разместить более четырех блоков данных, полученных по порядку. В худшем случае, когда каждый второй пакет теряется, этот лимит превышает сразу же после получения первых 4 пакетов. Поэтому требуются измерения, показывающие влияние SACK на производительность TCP.

**TCP CUBIC.** Реализация TCP *CUBIC* [4] с оптимизацией алгоритма управления перегрузкой для быстродействующих сетей с большими задержками (RTT) осуществлена для ядра *Linux* версии 2.6.19 и выше (2006 год). В модели *CUBIC* используется кубическая функция роста окна, которая по форме очень близка к соответствующей функции ВИС-TCP. В *CUBIC* при реализации функции роста окна используется время, прошедшее с момента последнего события перегрузки. В то время как большинство моделей реализации стандартного TCP используют выпуклые функции роста после потери пакета, *CUBIC* использует как выпуклые, так и вогнутые профили кубической функции роста окна. На рис. 2 показана эволюция окна в *CUBIC*.

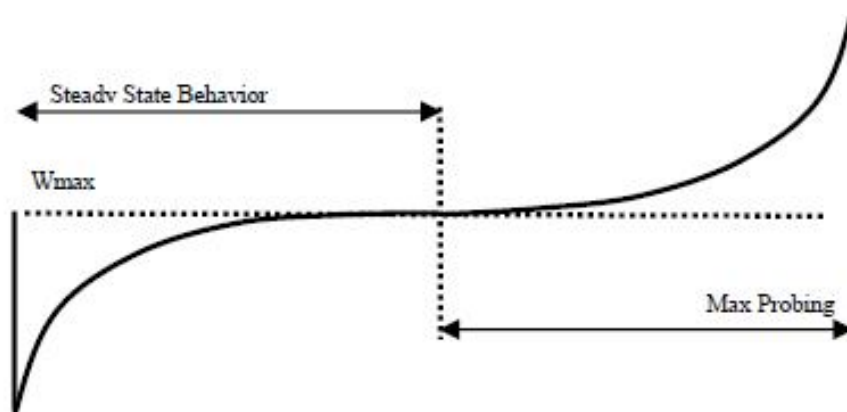


Рис. 2. Функция роста для CUBIC TCP [4]

После уменьшения размера окна при потере пакета записывается значение окна  $W_{max}$ , которое оно имело в момент потери, и уменьшается размер окна в  $n$  раз, где  $n$  равно постоянной уменьшения окна TCP. После этого система переходит из режима быстрого восстановления в режим исключения перегрузки, начинается увеличение окна с использованием вогнутого профиля кубической функции. Кубическая функция

параметризована так, чтобы ее плато приходилось на  $W_{\max}$ , так что вогнутый рост продолжается до тех пор, пока ширина окна не станет равной  $W_{\max}$ . После этого кубическая функция становится выпуклой. Такой способ подстройки ширины окна (вогнутый, а затем выпуклый) улучшает протокол и сетевую стабильность, сохраняя высокий уровень использования полосы канала. Это происходит потому, что размер окна остается почти постоянным, образуя плато в области  $W_{\max}$ , где уровень использования сети считается высоким и стабильным.

Рост окна в модели *CUBIC* осуществляется в соответствии с выражением

$$W(t) = C(t - K)^3 + W_{\max}, \quad (4)$$

где  $C$  – параметр *CUBIC*,  $t$  – время с момента последнего уменьшения ширины окна,  $W_{\max}$  – размер окна перед последним уменьшением окна перегрузки, а  $K$  равно периоду времени, который необходим для увеличения  $W$  до  $W_{\max}$ , его значение вычисляется с привлечением выражения

$$K = \sqrt[3]{\frac{W_{\max} \beta}{C}}. \quad (5)$$

При получении подтверждения АСК на фазе исключения перегрузки *CUBIC* вычисляет скорость роста ширины окна за время последующего RTT-периода. Программа устанавливает значение  $W(t + \text{RTT})$  в качестве вероятной величины окна перегрузки. Предположим, что ширина окна равна  $\text{cwnd}$ . В зависимости от его значения *CUBIC* реализует три разных режима. Если  $\text{cwnd}$  меньше, чем размер окна, который был бы достигнут в стандартном TCP, спустя время  $t$  после последнего случая потери, тогда *CUBIC* оказывается в TCP-режиме (как определить этот размер окна в зависимости от  $t$  будет описан ниже). В противном случае, если  $\text{cwnd}$  меньше  $W_{\max}$ , тогда *CUBIC* находится в вогнутой области, и если  $\text{cwnd}$  больше  $W_{\max}$ , *CUBIC* находится в выпуклой области функции роста.

На рис. 2 показана функция роста окна в версии *CUBIC* с началом в точке  $W_{\max}$ . Окно очень быстро растет, но по мере приближения к точке  $W_{\max}$  прирост становится практически нулевым. После этого *CUBIC* начинает исследовать сеть для того, чтобы на начальном этапе окно возросло медленно, увеличиваясь по мере отдаления от  $W_{\max}$ . Этот медленный рост около точки  $W_{\max}$  увеличивает устойчивость протокола и эффективность использования сети, в то время как быстрый рост вдали от точки  $W_{\max}$  обеспечивает хорошую масштабируемость сети. Куби-

ческая функция обеспечивает справедливое распределение ресурсов между конкурирующими потоками одного и того же протокола.

Функция роста также предполагает хорошую линейную справедливость RTT (время ретрансмисии), так как у любых конкурирующих потоков с различным RTT будет одинаковое время после синхронизируемой потери пакета.

**Измерения и выводы.** На рис. 3 показана измеренная зависимость производительности *RENO* и *CUBIC* от числа параллельных соединений. Для измерений использовался канал ИМСС УрО РАН (г. Пермь) – ИММ УрО РАН (г. Екатеринбург), использующий оптическую транспортную сеть, создаваемую в рамках «Инициативы GIGA UrB RAS» [5].

Параметры хоста в г. Екатеринбурге: CPU Intel Xeon E5520-4x2,27GHz; RAM – 18Gb DDR3; Ethernet Controller – Intel Corporation 82576 Gigabit Network Connection.

Параметры хоста в г. Перми: CPU – Intel Core i3-2310M – 2x2,1GHz; RAM – 8Gb DDR3; Ethernet Controller – Atheros AR8151 Gigabit Ethernet Controller.

Интенсивность конкурирующего интернет-трафика оценивается по MRTG-трафику примерно ~150 Мбит/с. В качестве инструмента для определения пропускной способности сети была использована утилита Iperf. Iperf представляет собой инструмент, который измеряет TCP и UDP-скорость передачи данных между парой хостов. Iperf используется для оценки максимальной пропускной способности сети, доступной для приложений, и исследования взаимосвязи между скоростью выдачи UDP-пакетов и потери пакетов в сети между двумя хостами [6].

Для просмотра внутренних параметров TCP использовался инструментарий *Web10G* [6].

На рис. 3 видно, что *CUBIC* эффективнее использует канал, нежели Reno (скорость передачи данных существенно отличается при включенной опции селективного подтверждения *SACK* и размере сегмента). Особенно это заметно при малом количестве соединений, вплоть до 20 параллельных потоков, где происходит переход в насыщение (скорость становится равна примерно 0,9 Гбит/с).

При помощи инструментария *Web10G* были получены графики динамики параметра *cwnd* для стратегий *Reno* и *CUBIC*, скорости передачи: *CUBIC* – 143 Mbits/sec; *Reno* – 97.2 Mbits/s. График представлен на рис. 4.

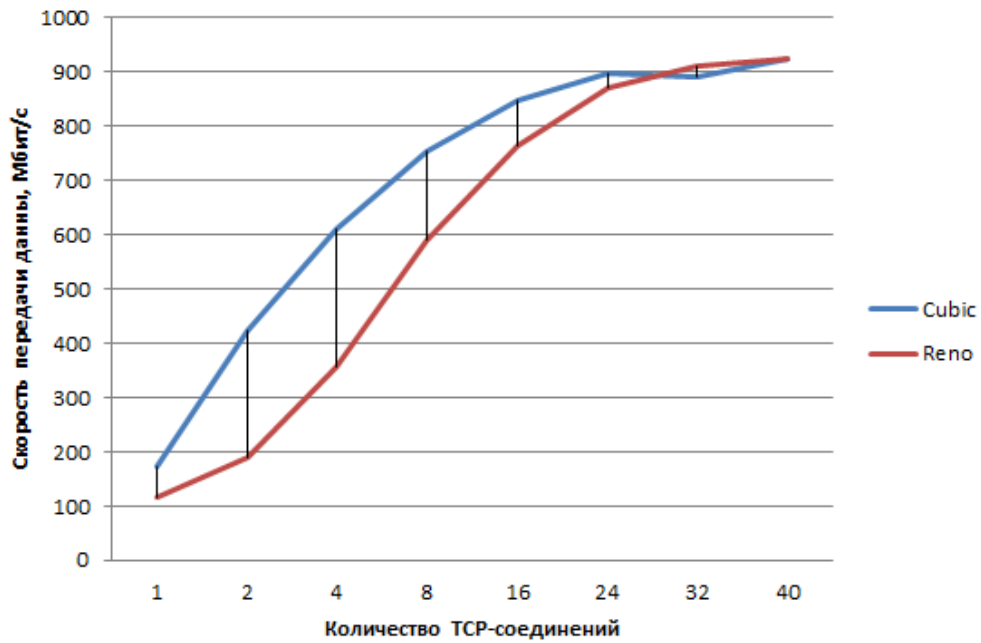


Рис. 3. Зависимость скорости передачи данных от количества соединений

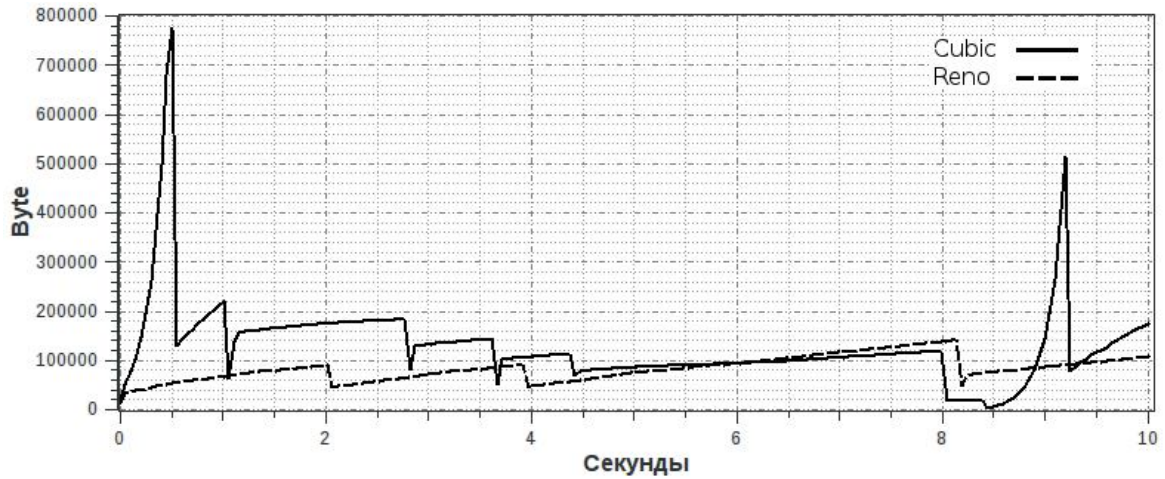


Рис. 4. Сравнение динамики параметра cwnd для CUBIC и Reno

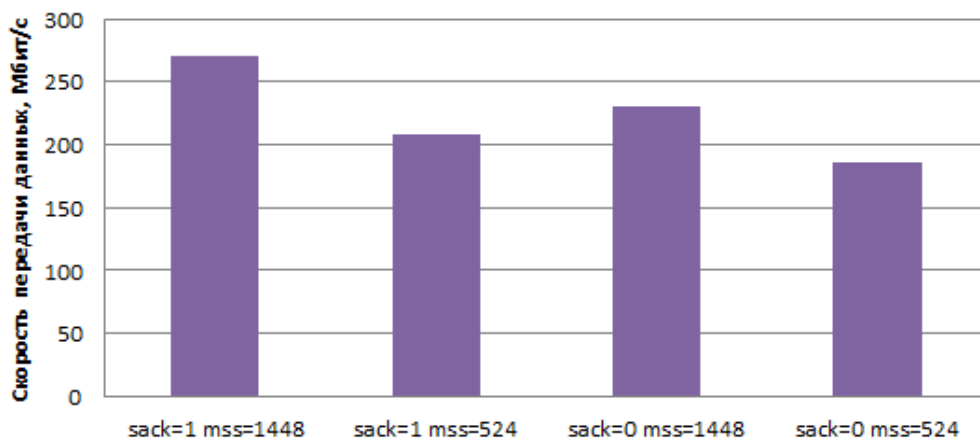


Рис. 5. Зависимость скорости передачи данных от селективного подтверждения и размера сегмента

Вид графиков соответствует теоретическим данным. Видно, что стратегия управления перегрузкой *Reno* ведет себя более «осторожно» и не имеет большого числа перегрузок по сравнению с *CUBIC*.

На рис. 5 показано влияние опции *SACK* и размера сегмента на скорость TCP-соединения в *CUBIC*. Выявленное влияние *SACK* на производительность подтверждает эффективность работы этой опции.

Следовательно, изменяя параметры (включая или выключая опцию селективного подтверждения, вручную устанавливая размер сегмента), можно увеличивать скорость передачи данных, тем самым улучшая производительность end-to-end тракта передачи данных.

### Библиографический список

1. Allman M., Paxson V., Blanton E. RFC5681: TCP Congestion Control. September 2009. – URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc5681.txt> (дата обращения: 17.12.2012)
2. Afanasyev A., Tilley N., Reiher P., Kleinrock L. Host-to-host congestion control for TCP // *IEEE Communication Surveys and Tutorials* July 2010. – Vol. 12, No. 3. – P. 304–342.
3. Щапов В.А., Масич А.Г., Масич Г.Ф. Модель потоковой обработки экспериментальных данных в распределенных системах // Вычислительные методы и программирование. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – Т.13. – С. 139–145.
4. Rhee I., Xu L. CUBIC: A New TCP-Friendly High-Speed TCP Variant // *ACM SIGOPS Operating Systems Review – Research and developments in the Linux kernel archive*. – July 2008. – Vol. 42, Issue 5. – С. 64–74.
5. Инициатива GIGA UrB RAS: методология построения и архитектура научно-образовательной оптической магистрали Уральского отделения РАН / А.Г. Масич, Г.Ф. Масич, В.П. Матвеев, Г.Г. Тирон // Математические и информационные технологии: тр. междунар. конф. MIT-2011. – Белград, 2012. – С. 257–265.
6. The Web10G Project. – URL: <http://web10g.org/> (дата обращения: 17.12.2012).



## ПЛАНИРОВАНИЕ РИУС НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ *LONWORKS*

Студент гр. АТ-11м В.В. Бусыгин, аспирант А.В. Антинескул  
Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор Е.Л. Кон  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В настоящее время различного рода автоматизированные системы приобретают все большую популярность. При этом стоит отметить тенденцию к уходу от централизованных, иерархических, архитектур, которые были популярны, начиная с 80-х гг., к построению систем с распределенным «интеллектом». Распределенный интеллект означает, что в таких системах отсутствует центральный управляющий контроллер, являющийся узким местом системы как в смысле надежности, так и производительности, а функции по обработке информации и выработке управляющих воздействий возлагаются на менее мощные и дорогие контроллеры, объединенные общей коммуникационной средой в так называемое «поле». Таким образом, можно сказать, что в подобных системах снижено число уровней иерархии; в предельном случае все узлы этой системы или, вернее, управляющей сети, являются равноправными – т.е. сеть, состоящая из подобных устройств, является одноранговой. Технологии, основанные на этом принципе, получили название полевых, или *fieldbus*-технологий, и на данный момент они являются основой построения распределенных, вне зависимости от размера объекта автоматизации, систем. В рамках изучения и получения практических навыков работы с данными технологиями на кафедре «Автоматика и телемеханика» было принято решение ввести в курс «Передача данных в РИУС» цикл лабораторных работ, посвященных исследованию данных технологий. В качестве примера была выбрана технология *LonWorks*, как одна из наиболее распространенных во многих областях промышленности и некоторых других сферах и обладающая одним из наиболее развитых сетевых протоколов среди *fieldbus*-технологий.

Жизненный путь любой системы подчиняется определенному порядку, иначе говоря, существуют некоторые обязательные этапы жизненного цикла любых систем. Автоматизированные системы не являются исключением. Стадии и этапы жизненного цикла любой автоматизированной системы описаны в ГОСТе. Однако разработчики технологии *LonWorks* (американская фирма *Echelon* и ассоциация *LonMark*) пользуются своей, несколько отличной от отечественной, классификацией

этих этапов [1], которой будем следовать и мы. В соответствии с их спецификацией выделяют следующие этапы жизненного цикла систем:

- планирование;
- проектирование;
- сопровождение.

Этап планирования обеспечивает создание основы всей разрабатываемой системы и позволяет заранее оценить её характеристики [2].

В статье приводится описание предлагаемого метода планирования РИУС на базе технологии *LonWorks*, а также анализируются результаты применения данного метода.

Одной из наиболее значимых характеристик, по которой можно оценивать эффективность работы любой вычислительной системы, будь то инфокоммуникационная сеть, отдельное вычислительное устройство или распределенная информационно-управляющая система, является ее производительность. Производительность можно оценивать на основе различных критериев.

Одним из методов оценки, нашедших применение в первую очередь в распределенных системах ввиду вполне понятных особенностей функционирования, является оценка средней задержки [3], вносимой системой, т.е. оценка величины временного интервала между возникновением события и обработкой этого события системой. Величина суммарная задержки, обусловленная очевидными составляющими, такими как передача данных по линиям связи и производительность аппаратной базы технологии, обуславливается еще и особенностями реализации коммуникационного протокола, который в общем случае описывает обработку информации на всех уровнях эталонной модели OSI/ISO, в том числе и прикладном.

Многими исследователями было экспериментально установлено, что одним из уровней, вносящим наибольшие задержки в обработку данных в технологии *LonWorks*, является 2-й уровень протокола, или канальный уровень [3]. Это влияние обусловлено использованием алгоритма предоставления случайного доступа устройств к разделяемому каналу передачи, который хоть и обладает многими преимуществами, однако вносит существенное влияние во время реакции системы. При этом нужно отметить, что время задержки на получение доступа к разделяемому каналу в значительной степени зависит от того, сколько устройств подключено к каналу и какова производительность (т.е. объем информации, генерируемый устройством, например датчиком, в единицу времени) отдельного устройства.

Для оценки производительности отдельных устройств, входящих в Lon-сеть, могут быть использованы спектрограммы сигналов, при помощи которых передаются данные, а также размер данных, передаваемых устройством, поскольку известно, что производительность представляет собой произведение частоты передачи сообщения на размер этого сообщения. Общий поток данных в сети или её сегменте состоит из суммы потоков данных устройств, иначе говоря, – производительность каждого устройства влияет на общую производительность сети. Производительность отдельного устройства используется при оптимизации сети или её сегмента, поскольку позволяет легко определить устройство, которое можно перенести.

Любое сообщение в LonWorks-сети использует для передачи сетевые переменные, которые могут быть либо стандартными (SNVT – standard network variables type), либо пользовательскими (UNVT – user network variables type) [2]. В первом случае известны все характеристики передаваемого значения (диапазон измерения величин, точность), а также размер информационной части сообщения. Во втором случае пользователь сам создает сетевую переменную и должен рассчитывать характеристики для неё самостоятельно. Для передачи данных корпорация *LonMark* настоятельно рекомендует использовать стандартные сетевые переменные, которые сертифицированы этой корпорацией и поддерживаются всеми LonWorks-устройствами.

Частота передачи сообщений может быть получена при помощи теоремы Котельникова. Для этого по полученной спектрограмме необходимо определить максимальную частоту, после чего по формуле (1) рассчитать нужное значение:

$$f = \frac{1}{2F_{\max}}. \quad (1)$$

Размер сообщения представляет собой сумму размеров служебной и информационной частей сообщений. Размер служебной части можно узнать из стандарта, описывающего протокол *LonTalk*.

Если для передачи используется стандартная сетевая переменная, то размер информационной части сообщения можно легко узнать по справочнику SNVT, который находится в открытом доступе на сайте компании *Echelon*.

В случае использования пользовательского типа сетевых переменных размер информационной части может быть рассчитан при помощи правил двоичной арифметики.

Таким образом, можно рассчитать производительность всех устройств. На основании полученных данных можно сравнить полученную суммарную производительность и пропускную способность канала. Если полученная производительность укладывается в пропускную способность канала, сеть будет работоспособна.

В зависимости от автоматизируемого объекта сеть может работать как в режиме реального времени, так и без него. Для функционирования сети в режиме реального времени требуется, чтобы загрузка канала не превышала определенного значения. Как правило, для РИУС такое значение может быть установлено только экспериментально. На основании полученного значения разрабатываются логическая и физическая топологии сети. Физическая топология представляет собой план соединения устройств в РИУС каналами связи и не содержит в себе данных о взаимодействии устройств. Логическая топология показывает, какие данные передаются между устройствами и какие пути при этом используются. Планирование логической и физической топологии должно идти параллельно, поскольку обе топологии оказывают влияние на загрузку канала передачи данных.

Как любая РИУС, *LonWorks* поддерживает функционирование сети из нескольких сегментов и позволяет осуществлять маршрутизацию данных [1, 2]. Эта функция полезна в случае большого количества устройств, использующих канал с низкой пропускной способностью, поскольку позволяет разнести устройства на несколько логически изолированных сегментов и снизить поток данных в каждом из сегментов.

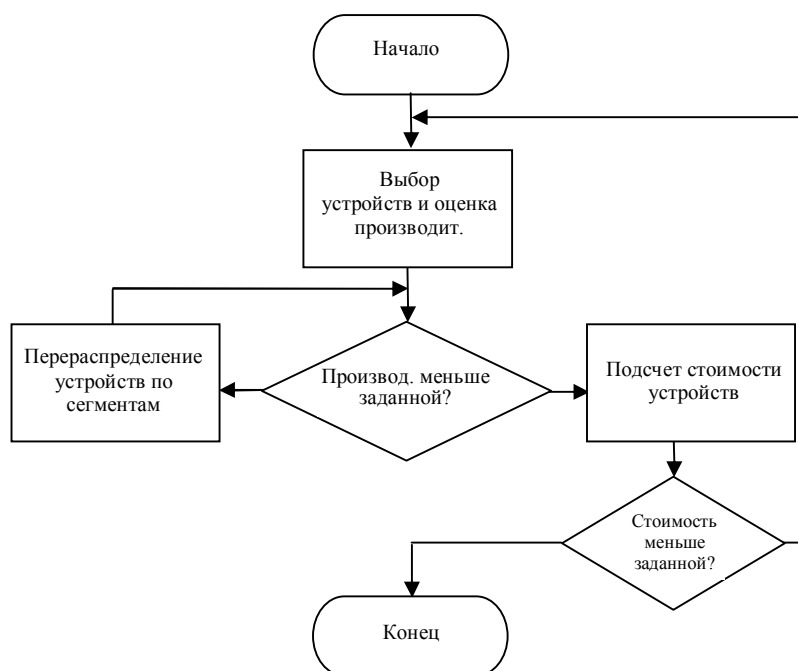


Рис. Блок-схема этапа планирования

В реальности помимо требований к режиму функционирования РИУС также всегда существует требование о предельной стоимости разработанной системы, что вносит дополнительные итерации в процесс планирования. С точки зрения цены можно оптимизировать систему по различным критериям:

- стоимость одного устройства в системе;
- стоимость входа/выхода;
- стоимость функционального блока.

Алгоритм этапа планирования приведен на рисунке.

Таким образом, описанный в статье метод планирования РИУС на базе технологии *LonWorks* позволяет создать проект РИУС, удовлетворяющий заданным требованиям, определить устройства и каналы передачи данных, которые будут использованы, а также определить информационные связи между устройствами. Описанный метод является основой для лабораторной работы, посвященной этапу планирования. В дальнейшем планируется усложнить метод и расширить материал, охватываемый лабораторной работой.

#### **Библиографический список**

1. Дитрих Д., Лой Д. LON-технология. Построение распределенных приложений. – М.: Звезда, 1999. – 419 с.
2. Тирш Ф. Введение в технологию LonWorks. – М.: ЭнергоАтомИздат, 2001. – 143 с.
3. Miśkiewicz M. Access delay in LonTalk MAC protocol. – URL: [www.elsevier.com/locate/csi](http://www.elsevier.com/locate/csi) (дата обращения: 22.12.12).

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ LONWORKS СЕТИ

**Аспирант С.А. Даденков, студент гр. АТ-11м Д.И. Кузнецов**

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор *Е.Л. Кон*

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

*LonWorks* – это современная fieldbus-технология, получившая широкое применение на промышленных объектах и, в частности, в системах автоматизации и управления зданиями (САиУЗ). САиУЗ создаются в целях обеспечения гарантированной устойчивости функционирования жизнеобеспечения требуемого качества в контролируемых зданиях, создания комфортной среды проживания, повышения эффективности использования энергетических ресурсов. Объектами мониторинга и управления являются инженерно-технические сети зданий, системы жизнеобеспечения и безопасности [1]. САиУЗ на основе сети *LonWorks* имеет распределённую иерархическую структуру из огромного числа «интеллектуальных» узлов (датчиков и исполнительных механизмов), взаимодействующих по принципу «многие со многими». Любая неисправность в сети здания может привести к критической ситуации – потере функциональности, неправильному сценарию функционирования узлов сети. Совокупность изложенных фактов позволяет утверждать о важности и сложности решения задач технического диагностирования fieldbus-системы *LonWorks* [1–3].

Для изучения технологии *LonWorks* в рамках дисциплины «Передача данных в распределённых информационно-управляющих системах» разрабатывается цикл лабораторных работ, посвящённый этапам жизненного цикла Lon-сети: планированию, проектированию, эксплуатации и сопровождению. В рамках знакомства с этапом эксплуатации предполагается изучение студентами инструментария и методов технического диагностирования Lon-сети. Выполнение данной лабораторной работы предполагает получение студентами общих знаний и умений по диагностированию автоматизированных систем на основе fieldbus-систем, на примере технологии *LonWorks*. Разработка и проведение лабораторных работ требуют создания учебных стендов, производство которых изготовителями оборудования не предусмотрены [4].

Целью настоящей работы является разработка аппаратно-программного и методического обеспечения для проведения лабораторного занятия,

посвящённого освоению инструментария и инженерных методов технической диагностики fieldbus-системы *LonWorks*.

Разработка методического обеспечения лабораторной работы осложнена отсутствием стандартов и рекомендаций по техническому диагностированию fieldbus-систем *LonWorks* [1–4]. В качестве опорной литературы в работе используются учебные материалы, предоставленные производителем оборудования, компанией *Echelon* [4].

### **Разработка программно-аппаратного обеспечения учебного лабораторного стенда**

Учебный лабораторный стенд должен отвечать современным требованиям, предъявляемым к средствам диагностирования, позволяющим эффективно определять техническое состояние элементов сети. Целью лабораторной работы является освоение студентами инструментария и инженерных методов технической диагностики fieldbus-систем на примере *LonWorks*-сети. Для достижения поставленной цели нами разработан учебный стенд, структура которого приведена на рисунке.

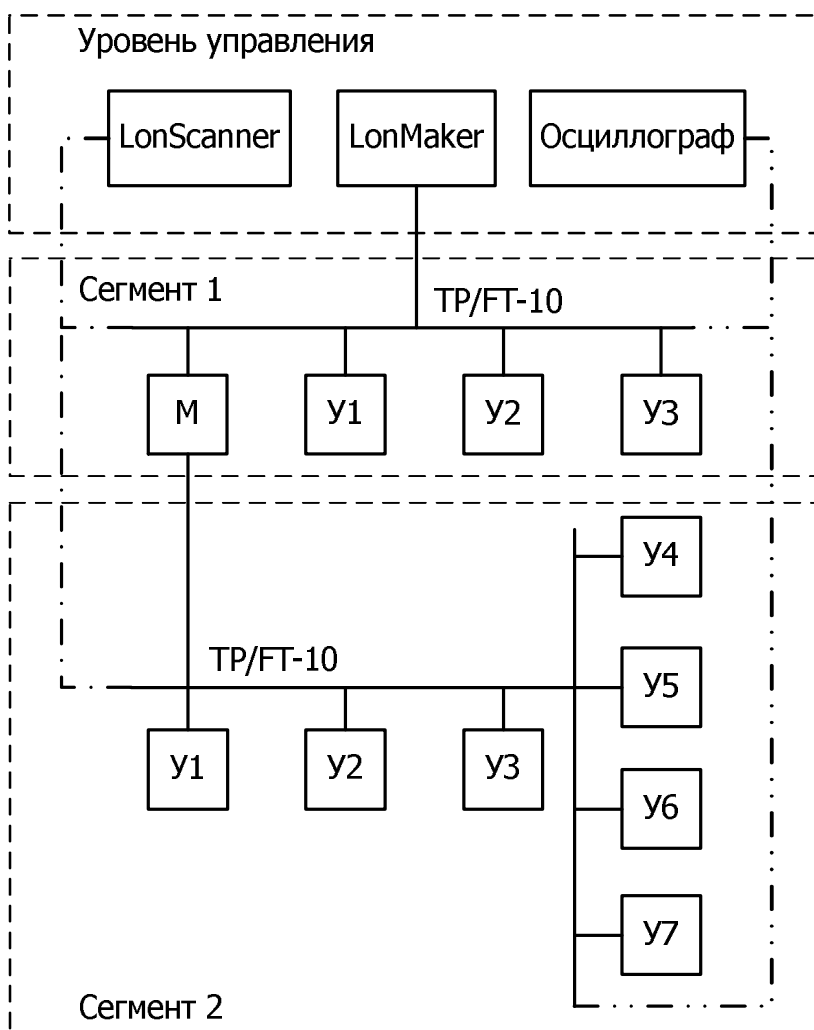


Рис. Учебный лабораторный стенд

Уровень управления содержит три рабочих места со специализированными аппаратно-программными средствами технического диагностирования Lon-сети:

- *LonMaker* – инструмент конфигурирования, управления и мониторинга элементов сети. Работа программы основана на централизованном сборе передаваемых в сети пакетов, при этом программа обладает информацией о многоуровневой структуре и топологиях сегментов сетей. Как правило, *LonMaker* устанавливается на стационарную серверную компьютерную систему и имеет множество интерфейсов подключения к полевому уровню датчиков и исполнительных механизмов. В данной работе используется USB/LON-интерфейс. *LonMaker* содержит следующие встроенные механизмы диагностирования:

- Мигание – средство проверки физической связи с узлом назначения в условиях визуальной наблюдаемости.

- Мониторинг значений сетевых переменных с помощью браузера узла и с помощью логических каналов связи – процесс пассивного наблюдения за значениями передаваемых сетевых переменных, позволяет судить о целостности физической линии сразу между множеством анализируемых узлов сети.

- Статусная сводка – процесс получения статистики ошибок передачи от требуемых узлов сети, позволяет судить о целостности линии связи.

- Сводка по узлу – процесс получения статистики узлов о возникающих в них электрических, механических и программных ошибках.

- *LonScanner* – анализатор протокола LonWorks-сети. Работа анализатора основана на перехвате передаваемых по линии связи пакетов, их расшифровке согласно LonTalk-протоколу и накоплении статистики по передаче в сети. *LonScanner* представляет собой переносную компьютерную систему, которая подключается к диагностируемому сегменту сети (рисунок, пункт. линия).

- Мониторинг передачи пакетов – процесс пассивного наблюдения за передаваемыми по сети пакетами, позволяет судить о происходящих в сети ошибках в режиме реального времени.

- Статистика передачи пакетов – средство анализа передачи пакетов в сети, позволяет выявить неисправности в сети, приводящие к появлению ошибок и снижению производительности.

- Осциллограф – анализатор физического слоя. Представляет собой прибор, служащий для анализа физического сигнала, передаваемого по линии связи в сегменте сети. Позволяет обнаруживать такие неисправности, как низкий уровень сигнала, шумы. Требуется подключения



к анализируемому сегменту сети (см. рисунок, пункт. линия). Результаты, как правило, передаются на уровень управления и анализируются с помощью веб-интерфейса в диспетчерском пункте.

Полевой уровень Lon-сети в стенде представлен двумя сегментами сети, находящимися в одном домене. В качестве среды передачи в сети используется витая пара TP/FT-10. К сегменту 1 подключён инструментарий *LonMaker*. Сегмент 1 построен по шинной топологии, содержит 3 «интеллектуальных» узла У1-У3, маршрутизатор М для связи и разграничения трафика между сегментами. Сегмент 2 имеет свободную топологию и содержит 7 узлов У1-У7. Узлы сети имеют мультисенсорные структуры и содержат такие датчики, как кнопки, лампы, датчики освещённости, температуры, сигнализации, и другие.

Сценарий функционирования узлов в сети определён таким образом, что логическое взаимодействие узлов построено по принципу «многие со многими», затрагивающее межсегментное взаимодействие.

Рассмотрение современных средств диагностирования, иерархической многоуровневой структуры сети с произвольной топологией и распределённого обмена информации между узлами сети различных сегментов позволяет приблизить процесс изучения на учебном стенде к реальному сложному диагностируемому объекту.

В качестве модели диагностируемой сети выбрана модель со свойствами наблюдаемости и управляемости элементов сети. Применение такой модели позволит студентам изучить средства диагностирования и оценить их эффективность в различных условиях эксплуатации сети.

#### **Разработка методического обеспечения лабораторного занятия**

Лабораторная работа традиционно состоит из двух частей: теоретической и практической. В качестве доступа к лабораторной работе студенты проходят электронное тестирование на основе материала, полученного в рамках лекционных занятий.

Теоретическая часть лабораторной работы построена следующим образом. Первый и второй разделы посвящены основам технического диагностирования сетей и анализу наиболее распространённых дефектов fieldbus-систем: 1) короткое замыкание; 2) разрыв линии связи; 3) длинная линия связи; 4) шумы в линии связи. Дальнейший теоретический материал посвящён изучению возможностей и диагностических процедур сетевого инструментария *LonWorks*. Для заключения о виде той или иной неисправности студенту предлагается использовать эталонную таблицу функций неисправностей, где промежуточным результатам диагностирования в соответствие ставятся возможные причины и виды дефектов.

В методических указаниях к практической части лабораторной работы разработан порядок выполнения работы. На лабораторном стенде, согласно заданию, воспроизводится определённая неисправность в сегменте сети. Задача студентов заключается в проведении комплексного технического диагностирования сети с помощью предложенных средств диагностирования. Студент подсчитывает количество шагов (время), затраченных на обнаружение и локализацию места неисправности в сети с помощью каждого средства диагностирования, делает вывод о эффективности и целесообразности применения средств в ситуациях с различной наблюдаемостью и управляемостью. После проведения комплексного анализа воспроизводится другой тип дефекта, и работа по диагностированию повторяется. Для закрепления материала в конце лабораторной работы студентам предлагаются задачи для самостоятельного решения, в которых даны исходные данные – результаты определённых средств диагностирования, требуется провести дешифрацию диагностического эксперимента и сделать выводы о техническом состоянии сети.

Выполнив лабораторную работу и правильно решив предложенные задачи, студент допускается к написанию и защите отчёта по лабораторной работе. Требования к материалам и форме их представления в отчёте указаны в методических рекомендациях к лабораторной работе.

Результатом выполнения лабораторной работы является получение студентом знаний, умений и владений в области технического диагностирования fieldbus-систем, рассмотренного на примере системы *LonWorks*. Данная лабораторная работа является обязательной для студентов направлений 220400 «Управление в технических системах», 220200 «Автоматизация и управление», 220201 «Управление и информатика в технических системах».

### Библиографический список

1. Системы автоматизации и управления зданиями // АВОК. – 2004. – № 5.
2. Дитрих Д., Лой Д., Швайцнер Г.Ю. LON-технология, построение распределенных приложений: пер. с нем. / под ред. О.Б. Низамутдинова. – Пермь: Звезда, 1999. – 242 с.
3. Тирш Ф. Введение в технологию LonWorks. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 143 с.
4. Echelon Corporation. – URL: <http://www.echelon.com>

# САМОМАРШРУТИЗИРУЮЩИЙСЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Аспирант А.И. Посягин

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор А.А. Южаков  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Цель разработки данного устройства заключается в создании аналого-цифрового преобразователя, способного измерять несколько входных сигналов, причем для каждого входного сигнала может быть сформирован индивидуальный АЦП заданной разрядности [1, 2]. Основные задачи, решаемые при разработке данного устройства: уменьшение аппаратных затрат на создание АЦП, возможность обрабатывать сигналы с различной разрядностью, увеличение отказоустойчивости за счет возможности использовать резервные пути между нейронами, применение различных корректирующих методов аналого-цифровых преобразований, например, кодов «золотой пропорции» (пока разработка ведется на основе применения матрицы R-2R).

Основу преобразователя составляет нейронная сеть [3]. Кроме нее в структурной схеме (рисунок) отображены блок компараторов, которые сравнивают входное напряжение с опорным, получаемым с помощью нейронной сети; схема определения разрядности индивидуального АЦП, которая вычисляет необходимую разрядность АЦП по каждому входному сигналу.

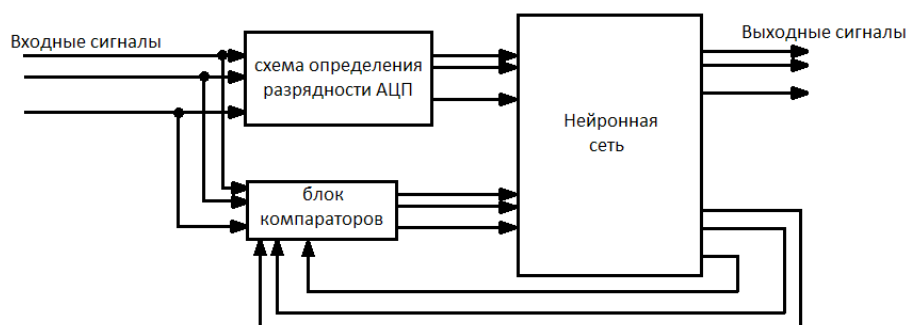


Рис. Структурная схема самомаршрутизирующегося аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети

Нейронная сеть состоит из трех слоев нейронов: коммутаторы (соединяют входной слой со слоем основных нейронов и тем самым обеспечивает самомаршрутизацию сигналов), основные нейроны (представляют собой одноразрядные АЦП), концентраторы (соединяют основные нейроны с выходным слоем в соответствии выход-вход).

Работа самомаршрутизирующегося АЦП на основе нейронной сети делится на три этапа.

*Первый этап.* Образование индивидуального АЦП. При поступлении на вход аналогового сигнала схема определения разрядности дает на вход нейронной сети значение, соответствующее количеству требуемых разрядов для индивидуального АЦП, затем с помощью коммутаторов это значение поступает к свободным основным нейронам, которые объединяются в необходимом для образования индивидуального АЦП объеме. Последний из объединенных основных нейронов дает сигнал на концентратор, через который результат работы индивидуального АЦП будет попадать на соответствующий выход.

*Второй этап.* Непосредственно работа индивидуального АЦП, которая проходит методом поразрядного взвешивания, когда каждый последующий разряд сперва выставляется в 1, затем в зависимости от значения на компараторе либо возвращается в 0, либо остается в 1.

*Третий этап.* Разрушение индивидуального АЦП и освобождение основных нейронов. Все задействованные основные нейроны возвращаются в исходное состояние, и возникает возможность для маршрутизации через них других индивидуальных АЦП.

На компараторы от нейронной сети поступает опорное напряжение, которое получается за счет образования основными нейронами матрицы  $R-2R$ , компаратор соответствующего входа сравнивает его с входным и тем самым управляет изменением значений разрядов. Измеренное значение входного сигнала накапливается в выходных нейронах и считывается микроконтроллером.

На данный момент разработаны структурная схема нейронной сети, алгоритм самомаршрутизации, алгоритм обеспечения отказоустойчивости основных нейронов. Кроме того, прорабатываются функциональные схемы для каждого вида нейронов, уточняется алгоритм проведения преобразования с определением аналоговых и цифровых каналов связи между основными нейронами и выходами нейронной сети.

В настоящее время решаются следующие задачи: проблема отказоустойчивости остальных элементов схемы, в частности, коммутаторов и концентраторов, которые являются самым слабым звеном, на данный момент идет обсуждение возможности устранить концентраторы вообще. Во-вторых, необходимо перейти к реализации уже разработанных схем, чтобы при необходимости скорректировать основные алгоритмы и принципы работы АЦП.

### 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. Матушкин Н.Н., Южаков А.А. Измерительные преобразователи на основе потоковой динамической архитектуры // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 1994. – № 1. – С. 16–21.
3. Посягин А.И., Южаков А.А. Разработка аналого-цифрового преобразователя на основе нейронной сети // Электротехника. – 2011. – № 11. – С. 18–24.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КАНАЛОВ С ПАМЯТЬЮ, ОПИСЫВАЕМЫХ МОДЕЛЬЮ ГИЛЬБЕРТА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ *MATLAB*

Студент гр. ТК-12м А.П. Пирожков

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *В.И. Фрейман*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

На этапе проектирования системы передачи информации одним из существенных этапов, влияющих на обеспечение характеристик достоверности передачи, являются выбор и расчет модели ошибок. Для ее построения необходимо провести тестирование, получить и обработать статистику ошибок, а затем уже определить тип и основные параметры модели.

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), выполненной в среде моделирования *MatLab* [2].

## **Дискретный канал с памятью, описываемый моделью Гильберта**

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  $C$ , которая может принимать  $R$  значений.

Введем понятие *память канала* глубины  $l$ , которое означает, что существует статистическая связь между текущим состоянием канала  $C_0$  и  $l$  предшествующими состояниями канала.

Прежде чем описать модель Гильберта, введем понятие, характерное для симметричных двоичных дискретных каналов с памятью, – *пакет ошибок длины  $b$* . Это вектор ошибок длины  $b$ , 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 – 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  $p_\epsilon$ . Граф Марковской цепи показан на рис. 1.

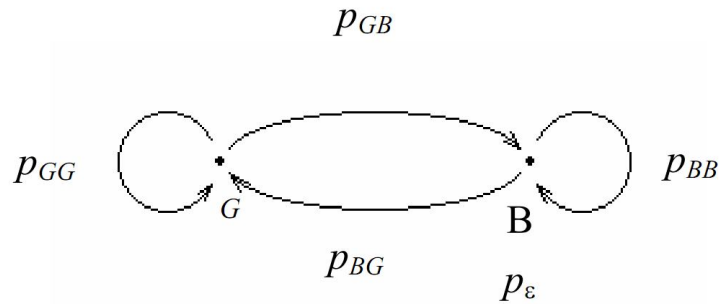


Рис. 1. Граф переходов состояний ДСДКП, описываемого моделью Гильберта

Матрица памяти ( $M_\Pi$ ) канала, которая в общем случае имеет размерность  $R^l \times R$ , и матрица ошибок ( $M_\epsilon$ ), которая имеет место только в состоянии  $B$ , для рассматриваемой модели имеют следующий вид:

$$M_\Pi = \begin{array}{c} G \\ B \end{array} \left| \begin{array}{cc} p_{GG} & p_{GB} \\ p_{BG} & p_{BB} \end{array} \right| \quad M_\epsilon = \begin{array}{c} 0 \\ 1 \end{array} \left| \begin{array}{cc} 1 - p_\epsilon & p_\epsilon \\ p_\epsilon & 1 - p_\epsilon \end{array} \right| \begin{array}{c} P \\ \text{аз-} \\ \text{мер} \end{array}$$

ность модели для  $M_\Pi$  равна  $N_\Pi = 2$  (нужно вычислить по одной вероятности в каждой строке), а для  $M_\epsilon$  равна  $N_\epsilon = 1$  (нужно вычислить только вероятность ошибки  $p_\epsilon$ ). Поэтому размерность модели Гильберта  $N_M = N_\Pi + N_\epsilon = 2 + 1 = 3$ , т.е. модель Гильберта полностью описывается тремя параметрами:  $p_\epsilon$ ,  $p_{GB}$ ,  $p_{BG}$ , которые должны быть определены экспериментально. Имея указанные параметры, можно аналитически вычислить

вероятностные показатели, характеризующие условия передачи информации по ДСДКП с глубиной памяти  $l = 1$ .

Определим вероятности пребывания канала в состояниях  $G$  и  $B$  как финальные вероятности марковской цепи:

$$p(G) = p_{BG} / (p_{GB} + p_{BG}), p(B) = p_{GB} / (p_{GB} + p_{BG}).$$

Если  $p_{GG}$  или  $p_{BB}$  близки к 1, то наблюдается тенденция к сохранению возникшего состояния  $G$  или  $B$ , что и моделирует канал с пакетными (коррелированными) ошибками. В состоянии  $B$  возникает пакет ошибок.

Для вычисления вероятности возникновения ошибок определенной кратности в большинстве моделей с памятью, используемых на практике и описываемых простыми цепями Маркова, принимают следующее допущение. Считается, что в различных состояниях памяти канала имеет место биномиальное распределение ошибок, с соответствующей вероятностью ошибки. Тогда с учетом изложенного определим вероятность ошибки на символ в канале, описываемом моделью Гильберта:

$$p_{\text{ош}} \approx p_{\varepsilon} \cdot p(B) = p_{\varepsilon} \cdot p_{GB} / (p_{GB} + p_{BG}),$$

Вероятность ошибки кратности  $i$  среди  $n$  символов, передаваемых по каналу с памятью, определяется как

$$P(i, n) = \binom{n}{i} p_{\text{ош}}^i (1 - p_{\text{ош}})^{n-i}.$$

Вероятность искажения кодовой серии длины  $n$

$$P(\geq 1, n) = 1 - (1 - p_{\text{ош}})^n.$$

Вероятность ошибки  $p_{\text{ош}}$  учитывает память канала.

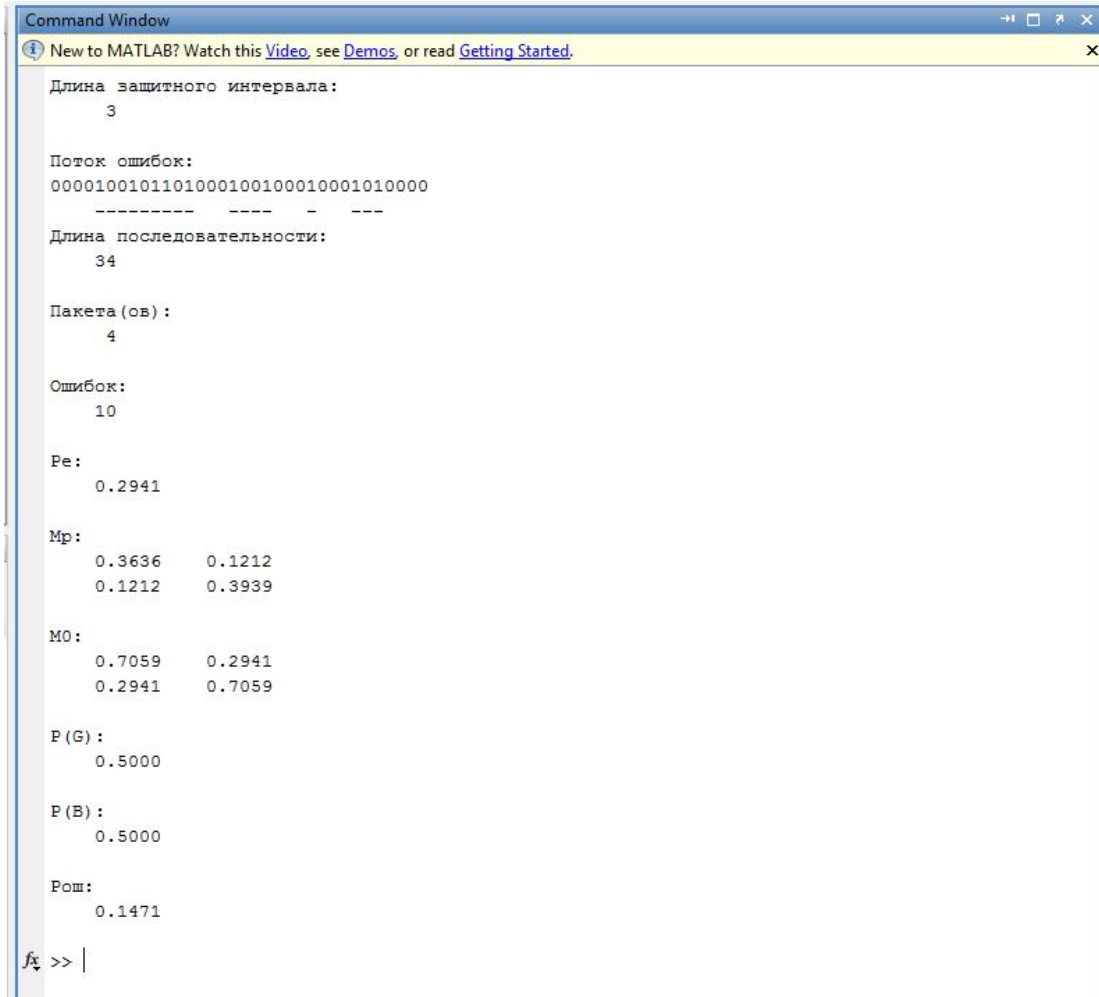
### **Разработка методического и программного обеспечения лабораторной работы**

В качестве среды для моделирования алгоритма по методу Гильберта, была выбрана среда *Matlab*, как среда, широко используемая при обучении в технических сферах. Она позволяет без дополнительной графической нагрузки на студента в понятном и доступном виде представить результаты вычисления для дискретного канала с заданными характеристиками [2]. Программа дает возможность наглядно увидеть результаты вычисления параметров для данной последовательности, которые ее характеризуют по модели Гильберта: матрица памяти, матрица ошибок, длина последовательности, количество ошибок, вероятность ошибок, вероятности пребывания в состоянии  $B$ ,  $G$  и др. Данная



программа проводит анализ по уже заданной в ней последовательности, которая может быть легко отредактирована перед запуском.

На рис. 2 приведены экранная форма результатов работы программы расчета канала с памятью по модели Гильберта. Она позволит студентам сравнить результаты аналитического (выполненного в рамках расчетной части работы) и программного моделирования.



```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Длина защитного интервала:
    3
Поток ошибок:
0000100101101000100100010001010000
-----
Длина последовательности:
    34
Пакета (ов) :
    4
Ошибок:
    10
Pe:
    0.2941
Mp:
    0.3636    0.1212
    0.1212    0.3939
Mo:
    0.7059    0.2941
    0.2941    0.7059
P (G) :
    0.5000
P (B) :
    0.5000
Потш:
    0.1471
fx >> |
```

Рис. 2. Экранные формы результатов работы программы расчета канала с памятью по модели Гильберта

Данная программа представляет собой *m*-файл, написанный на языке *m*.script, разработанном для среды *MatLab*. В первых строках задается некоторая последовательность потока ошибок (рис. 3), которую студент может редактировать и вписать туда любую свою последовательность, которую ему необходимо исследовать. В дальнейшем такая последовательность будет генерироваться случайным образом в зависимости от типа канала.

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, описывающей 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.

```

1
2 - clear all;
3 - dl=3;
4 - a='0000100101101000100010001010000'; %!!!заданная последовательность
5
6 - e=0;
7 - for i=1:length(a) %заполнение b
8 -     b(i)=0;
9 -         if a(i)=='1'
10 -             e=e+1;
11 -         end
12 -     end
13 -
14 -     %%%%%%%%%%%%%%%
15 -     pe=e/length(a);
16 -
17 -     disp('Длина защитного интервала:')
18 -
19 -     disp(dl)
20 -     disp('Поток ошибок:')
21
22

```

Рис. 3. Интерфейс программы расчета канала с памятью по модели Гильберта

Данная программа не является конечным продуктом, но является основой для расчета канала по модели Гильберта и будет использоваться как базовый алгоритм в сравнении расчета каналов с памятью по моделям Гильберта–Элиота и Пуртова. 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 данной программы. Помимо этого, основной алгоритм данной программы легко применить на моделях Пуртова и Гильберта–Элиота. Также предполагается дополнение функциональности данной программы, например, ввод генерации последовательностей на основе различных законов распределения, иллюстрация 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. Васильев В.В., Симак Л.А., Рыбникова А.М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MatLab/Simulink / НАН Украины. – Киев, 2008. – 91 с.

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭТАПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ РИУС НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ *LonWorks*

Студент гр. АТ-11м А.П. Якушев, аспирант А.В. Антинескул  
Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор *Е.Л. Кон*  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В настоящее время распределённые информационно-управляющие системы (РИУС) находят все более широкое применение в различных областях деятельности человека. Подобные системы применяются не только в сфере промышленного производства, для которой изначально они были разработаны, а затрагивают и сферу услуг; например, автоматизацию объектов критической инфраструктуры, к которым можно отнести инженерные подсистемы зданий. При этом стоит отметить, что построение систем подобного класса требует от разработчика особых знаний, умений и навыков. С целью обеспечения необходимой материально-технической, а также методической базы для развития соответствующих компетенций у студентов направления 220400 «Управление в технических системах» (АТ) и других направлений на кафедре автоматики и телемеханики был создан учебно-исследовательский стенд, который позволит изучить особенности создания и функционирования РИУС на примере *Fieldbus*-технологии *LonWorks* (рисунок).

*LonWorks* – это универсальная открытая технология создания распределённых информационно-управляющих систем, широко применяющаяся в автоматизации зданий [1]. Для реализации стенда данная технология выбрана ввиду ее популярности и относительно удобного и простого в плане обучения программного обеспечения.

Лабораторный стенд состоит из двух частей: аппаратной и программной. Аппаратная часть стенда представлена фирменным *Lon*-совместимым оборудованием и тремя персональными компьютерами (ПК), а программная – набором программных пакетов, необходимых для разработки и функционирования РИУС на базе технологии *LonWorks*.

Аппаратная база стенда состоит из четырех комплектов оценочных плат фирмы *Echelon* и *LonWorks*/IP-сервера *iLon SmartServer e3* (TP/FT-10), объединенных в сеть *LonWorks*. Данное оборудование подключается к трем ПК при помощи *iLon SmartServer e3*, выполняющего роль шлюза между сетью *Lon* и локальной сетью лаборатории.

На каждом из компьютеров установлено специализированное программное обеспечение. На первом ПК установлен фирменный интеграционный программный пакет *LonMaker Integration Tool Turbo Edition*, который предназначается для разработки и поддержки проектов Lon-сети. На втором – анализатор протокола сетей *LonWorks – LonScanner*. На третьем, с целью реализации человеко-машинного интерфейса, предлагается использовать SCADA-пакет *Trace Mode 6*, связь которого с Lon-сетью осуществляется при помощи OPC-сервера.

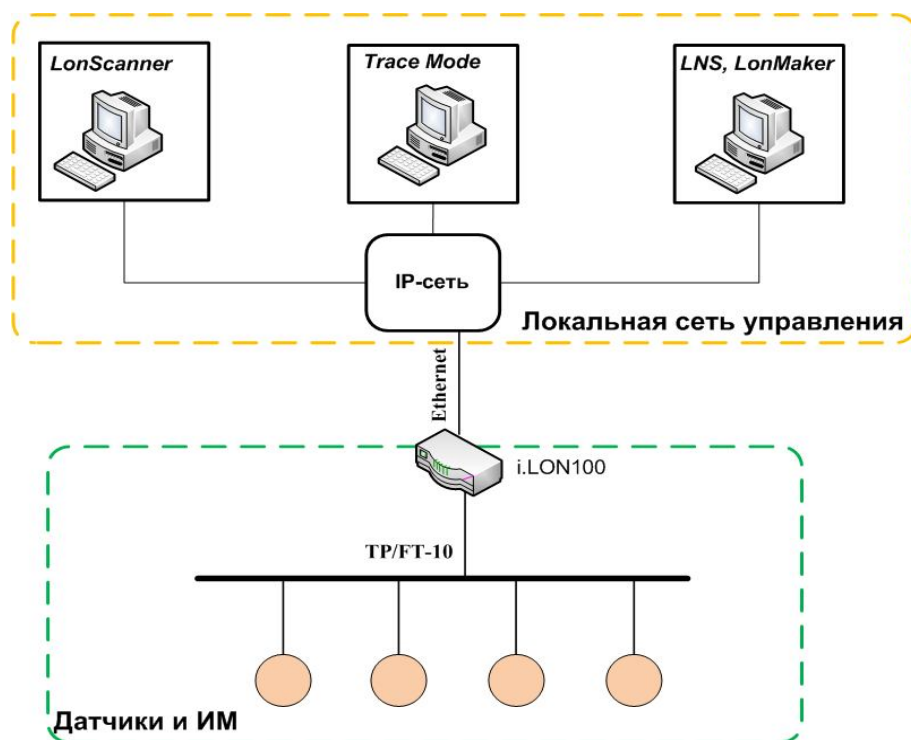


Рис. 1. Реализованная архитектура стенда на базе технологии *LonWorks*

Поскольку процесс создание РИУС является сложной технической задачей, то для того, чтобы снизить вероятность возможных ошибок, его следует производить поэтапно.

Для LonWorks-сетей можно выделить следующие этапы жизненного цикла:

- планирование;
- проектирование;
- ввод в эксплуатацию;
- тестирование и оптимизация;
- сопровождение.

Учитывая возможности и функциональность учебно-исследовательского стенда, нами подготавливается курс лабораторных работ по

изучению основных этапов жизненного цикла сетей на основе технологии *LonWorks*:

- Лабораторная работа №1 «Планирование *LonWorks*-сетей»;
- Лабораторная работа №2 «Проектирование и ввод в эксплуатацию *LonWorks*-сети с использованием инструментария *LonMaker*»;
- Лабораторная работа №3 «Разработка HMI в SCADA-системе *Trace Mode*»;
- Лабораторная работа №4 «Техническое диагностирование сетей на основе технологии *LonWorks*»;
- Лабораторная работа №5 «Программирование узлов сети *LonWorks* с использованием инструментария *NodeBuilder*».

Все лабораторные работы курса взаимосвязаны, и результаты одной работы являются исходными данными к другой.

В рамках данной статьи рассматривается лабораторная работа №2, цель которой – ознакомить студента с этапами проектирования и ввода в эксплуатацию РИУС на примере технологии *LonWorks* с использованием инструментария *LonMaker*. Стоит заметить, что материал для изучения инструментария в содержание работы не входит и представляет собой отдельное пособие, которое предоставляется студенту для самостоятельной проработки. В теоретической части лабораторной работы *LonMaker* рассматривается только с точки зрения базовых функций в объеме, достаточном для достижения целей работы.

Исходными данными для лабораторной работы №2 являются результаты, полученные студентом в лабораторной работе №1 «Планирование *LonWorks*-сети»:

- физическая топология;
- логическая топология, представляющая собой перечень функциональных блоков (ФБ) и матрицу связей сетевых переменных (СП);
- набор файлов внешнего интерфейса (XIF-файлов);
- конфигурационные свойства ФБ и СП.

Для достижения поставленной в лабораторной работе цели каждому студенту необходимо решить следующие задачи:

1) на основании результатов лабораторной работы №1 в инструментарии *LonMaker* необходимо:

- а) реализовать физическую топологию сети;
- б) реализовать логическую топологию;
- в) настроить конфигурационные свойства с помощью встроенной в *LonMaker* утилиты *LonBrowse*;
- г) реализовать проект сети в инженерном режиме и режиме *ad hoc*;

2) сделать выводы и заключения о проделанной работе.

### **Инструментарий для проектирования и ввода в эксплуатацию LonWorks-сетей LonMaker**

*LonMaker* представляет собой пакет программного обеспечения для проектирования, установки, эксплуатации и технического обслуживания сетей *LonWorks* и имеет удобный интерфейс пользователя *Microsoft Visio*.

Программирование сети в инструментарии *LonMaker* схоже с программированием на языке FBD (Function Block Diagram) и представляет собой объектно-ориентированное программирование и осуществляется на основе графического представления функциональных блоков и связей между сетевыми переменными.

#### **Реализация проекта сети в инженерном режиме и режиме ad hoc**

*LonMaker* позволяет создавать проект, используя два режима:

- инженерный;
- специализированный (Ad hoc).

При использовании первого режима инструментарий *LonMaker* изначально физически не подключается к устройствам, а использует их виртуальные образы, хранящиеся в специальных файлах внешнего интерфейса с расширением .xif.

Так называемый XIF-файл представляет собой базу данных сведений об устройстве. В нем документируются функциональные блоки, сетевые переменные, конфигурационные свойства узла, а также аппаратные параметры устройства, такие как тип нейрон-чипа, его частота, скорость передачи данных по сети и поддерживаемый тип среды передачи.

В инженерном режиме XIF-файл заменяет для *LonMaker* реальное устройство, предоставляя возможность проектировать систему без контакта с оборудованием. Ввод сети в эксплуатацию, т.е. фактическая загрузка управляющей программы в память устройств, может быть осуществлен в любое время, что позволяет проектировщику работать удаленно. В данном режиме этап проектирования отделяется от этапа ввода в эксплуатацию.

При использовании режима «Ad hoc» инструментарий, напротив, изначально соединен с сетью, и данные для проектирования берутся непосредственно с устройств, точнее, из XIF-файлов, хранящихся на этих устройствах. Ввод устройств в эксплуатацию происходит автоматически после добавления их на диаграмму проекта, т.е. изменения в проекте немедленно отражаются на поведении реальной системы. В данном режиме этап проектирования объединен с этапом ввода в эксплуатацию.

Оба режима можно использовать как независимо друг от друга, так и в комбинации.

Выполняя работу, студент для одинаковых исходных данных должен спроектировать две системы, используя разные режимы проектирования.

### **Реализация физической топологии сети в *LonMaker***

В инструментарии *LonMaker* на основе интерфейса пользователя *Microsoft Visio* создается диаграмма проекта. Для реализации в *LonMaker* физической топологии сети достаточно ввести в разрабатываемый проект, с помощью используемого в *Microsoft Visio* механизма «Drag-and-drop», шаблоны устройств и линий связи.

Имея спланированную физическую топологию как результат лабораторной работы №1, студент должен реализовать ее в *LonMaker*. При этом, проектируя систему в инженерном режиме, для добавления и настройки устройств он должен использовать отдельные XIF-файлы без задействования самих устройств.

### **Реализация логической топологии в сети *LonMaker***

*Логическая топология* описывает информационные потоки в сети, иными словами, определяет сценарий взаимодействия устройств.

В *LonMaker* для реализации логической топологии используются такие элементы, как функциональные блоки и сетевые переменные.

**Функциональный блок** определяет функцию, выполняемую тем или иным устройством. В состав устройства может входить более одного функционального блока. Функциональные блоки состоят из сетевых переменных и конфигурационных свойств.

**Сетевая переменная** представляет собой любой элемент данных, который прикладная программа устройства ожидает получить от других устройств (вход) в сети или же предполагает сделать доступной (выход) для других устройств сети.

Имея спланированную логическую топологию как результат лабораторной работы №1, студент должен реализовать ее в *LonMaker* путем выбора и добавления функциональных блоков и сетевых переменных на диаграмму проекта.

### **Настройка конфигурационных свойств**

*Конфигурационные свойства* представляют собой значения параметров, конфигурируемые пользователем, которые определяют поведение устройства, функционального блока или сетевой переменной. В *LonMaker* их можно настраивать с помощью встроенной утилиты *LonBrowse*. При решении данной задачи, меняя конфигурационные



свойства, студент должен настроить свой проект так, чтобы он соответствовал исходным данным, например, удовлетворял требованиям по производительности.

Для допуска к выполнению лабораторной работы студенту необходимо пройти тест, состоящий из вопросов по теоретической части. По результатам выполненной работы составляется отчет, который требуется защитить.

Успешная защита отчета гарантирует приобретение студентом базовых знаний об этапе проектирования РИУС на базе технологии *LonWorks*, умений создавать проекты в интеграционном инструментарии *LonMaker*, а также навыков построения и настройки LonWorks-сетей.

### **Библиографический список**

1. Дитрих Д., Лой Д., Швайнциер Г.Ю. LON-технология. Построение распределенных приложений: пер. с нем. / Перм. гос. техн. ун-т; под ред. О.Б. Низамутдинова. – Пермь, 1999. – 424 с.
2. Тирш Ф. Введение в технологию LONWORKS. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 144 с.

# МЕТОДИКА СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГРАДИЕНТА В ПРОЦЕДУРЕ НАИСКОРЕЙШЕГО СПУСКА

**Старший преподаватель А.Р. Яматов**

Пермский военный институт внутренних войск МВД России

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор,

заслуженный изобретатель РФ *С.Ф. Тюрин*

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Проблема обеспечения требуемой надежности устройства связана со всеми этапами его жизни: проектированием, созданием и практическим использованием. На этапе проектирования обеспечение требуемой надежности достигается: а) выбором структурной схемы, характеристики которой мало чувствительны к изменениям параметров компонентов; б) выбором типа применяемых компонентов (модулей, блоков), отличающихся наибольшей стабильностью и надежностью по сравнению с другими, отвечающими техническим требованиям; в) созданием по возможности облегченного электрического режима работы компонентов (модулей, блоков, устройств); г) выбором конструктивного решения, обеспечивающего «комфортный» тепловой режим работы устройства или стабилизацией теплового режима; д) использованием унифицированных по параметрам (входным и выходным сигналам, источникам питания и др.), стандартных по конструкции модулей (блоков, оформленных в виде типовых элементов замены (ТЭЗ)); е) применением средств контроля исправности устройства перед началом работы и (или) для непрерывного автоматического контроля в процессе работы [1]. В тех случаях, когда перечисленные способы повышения надежности устройства исчерпаны, но не обеспечивают получения заданных параметров, например, заданного времени наработки на отказ, с целью дальнейшего повышения надежности прибегают к резервированию.

Резервированная система называется оптимальной по критерию надежности, если заданная надежность достигается при минимально возможном количестве или минимальной стоимости резервного оборудования, или если при заданном объеме или стоимости резервного оборудования достигается максимально возможная надежность.

Метод сплошного перебора непригоден для решения задач синтеза оптимальной структурной схемы надежности систем.

В [2, 3] приведены методы синтеза оптимальных структурных схем надёжности систем. Однако они довольно сложны для применения в учебных целях.

Упрощённая методика синтеза структурной схемы надёжности системы на основе процедуры наискорейшего спуска описана в [4, 5, 6]. В методике использовался градиент:

$$(\delta_i^j)^* = \max\{\delta_i^j\} \text{ для } i = \overline{1,5}, \quad \delta_i^j = \frac{P_i^{j+1}(t) - P_i^j(t)}{W_i \cdot P_i^{j+1}(t)}. \quad (1)$$

Предлагаются модифицированный градиент и методика его применения, позволяющая получать ССН с лучшими параметрами:

$$(\delta_i^j)^* = \max\{\delta_i^j\} \text{ для } i = \overline{1,5}, \quad \delta_i^j = \frac{P_i^{j+1}(t) - P_i^j(t)}{W_{i+1} - W_i}, \quad (2)$$

где  $j$  – номер итерации, начинающийся с 0 – это ССН, полученная на первом этапе.

Две постановки задачи оптимизации структурной схемы надёжности (ССН) системы выглядят следующим образом:

– построить систему с резервированием элементов, где  $W_c \rightarrow \min$  при  $P_i(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ ;

– построить систему с резервированием элементов, где  $P_c(t) \rightarrow \max$  при  $W_c \leq W_c^{\text{зад}}$ .

**На первом этапе оптимизации по первому критерию добиваются выполнения условия  $P_i(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ , то есть ВБР каждой из подсистем должна быть не хуже заданной.**

**На втором этапе итеративно увеличивают резервы по наибольшему приращению ВБР на единицу  $(\delta_i^j)^* = \max\{\delta_i^j\}$  (2).**

Если условие  $P_c(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$  не выполняется, повторяем 2-й этап.

Далее находим стоимость реализации системы  $W_c^{\min}$  при достигаемой  $P_c(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ .

ССН, найденные по данной методике с использованием модифицированного градиента (2), в большинстве случаев являются оптимальными (и иногда лучше, чем при использовании (1)).

Но и в случае, если ССН имеет близкие к оптимальным результаты, имеется возможность получить ССН с лучшими значениями.

В частности, при применении мажоритарного резервирования (МР) 1-го элемента, при некоторых исходных данных, решение приводит к резервированию 3 из 5, хотя резервирования 2 из 3 уже было достаточ-

но. В таких случаях предлагаем повторить расчеты с шага, где МР 2 из 3 уже применено, игнорируя  $\delta_1^j$ .

Данная методики также была адаптирована для синтеза ССН с ограничением стоимости, и результаты эксперимента в большинстве случаев оптимальны или близки к ним.

Если результат близок к оптимальному, а для одного из блоков выполняется условие  $W_c^{\text{зад}} - W_c \geq W_i$ , производим резервирование этого блока. В 95 % случаев это приводит к оптимальной ССН. Оставшиеся 5 % полученных ССН экстремально близки к оптимальной.

Очень редко случается, что метод приводит к экстремально близкому решению (ССН), а условие  $W_c^{\text{зад}} - W_c \geq W_i$  не выполняется. Это встречается при применении мажоритарного резервирования первого элемента. В таком случае нами предлагается произвести повторный расчет, используя модифицированный градиент (2), приведенный к виду

$$\delta_i^j = \frac{P_i^{j+1}(t) - P_i^j(t)}{W_i}.$$

Новая ССН становится оптимальной (совпадает с решением, найденным методом перебора).

Использование предложенной методики позволит сократить вычислительную сложность синтеза ССН до нескольких итераций (в зависимости от исходных данных) и получить систему с оптимальными значениями искоемых параметров.

### **Пример применения методики**

Пусть основным ограничением является  $P_c(t)$ . Задача состоит в определении оптимальной стратегии дублирования в указанных пределах.

Пусть система автоматизации (СА) включает в свой состав пять подсистем. Известны значения вероятности безотказной работы (ВБР)  $P_i$  и стоимости  $W_i$  (где  $i = 1, \dots, 5$ ) каждого из устройств. При синтезе оптимальной в смысле критериев **1)** и **2)** ССН допускается: мажоритарное резервирование подсистемы 1 на начальном шаге оптимизации и резервирование замещением с нагруженным режимом работы элементов на других шагах (при необходимости возможна замена мажоритарного резервирования на резервирование замещением с нагруженным режимом работы элементов уже на начальном шаге, либо использования МЭ 3 из 5); резервирование замещением с нагруженным режимом работы элементов для подсистем 2, 3, 4; резервирование замещением с нагруженным либо ненагруженным режимом работы резервных элементов

для подсистемы 5. Ненадежностью и стоимостью мажоритарных элементов и переключающих устройств можно пренебречь.

Заданные значения вероятностей безотказной работы (ВБР) подсистем:  $P_1 = 0,9$ ,  $P_2 = 0,75$ ,  $P_3 = 0,82$ ,  $P_4 = 0,8$ ,  $P_5 = 0,9$ ; их стоимости  $W_1 = 16$ ,  $W_2 = 11$ ,  $W_3 = 13$ ,  $W_4 = 12$ ,  $W_5 = 15$  соответственно. Заданное значение ВБР системы  $P_c^{\text{зад}}(t) = 0,94$ ; заданное (допустимое) значение стоимости системы  $W_{\text{зад}} = 120$ .

### Решение

Найдем  $W_c \rightarrow \min$  при  $P_c(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ .

1. Для начала проверим выполнение такого условия  $P_i(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$  для каждого  $i$  от 1 до 5.

Видно, что ни для одного из участков системы это условие не выполняется, поэтому необходимо введение резервных элементов.

На первом этапе оптимизации получим следующую ССН: 3,3,2,2,2, где  $P_1(t) = 3P_1^2 - 2P_1^3 = 0,972 > P_c^{\text{зад}}(t)$ .

$$P_2(t) = 1 - (1 - P_2)^3 = 0,9844 > P_c^{\text{зад}}(t).$$

$$P_3(t) = 1 - (1 - P_3)^2 = 0,9676 > P_c^{\text{зад}}(t).$$

$$P_4(t) = 1 - (1 - P_4)^2 = 0,96 > P_c^{\text{зад}}(t).$$

$$P_5(t) = 1 - (1 - P_5)^2 = 0,99 > P_c^{\text{зад}}(t).$$

Найдем ВБР системы и ее стоимость на 0-шаге (для  $j = 0$ ):

$$P_c^0 = 0,972 \cdot 0,9844 \cdot 0,9676 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,8799 < P_c^{\text{зад}}(t).$$

$$W_c^0 = 3 \cdot 16 + 3 \cdot 11 + 2 \cdot (13 + 12 + 15) = 161.$$

Теперь, когда каждая подсистема обладает ВБР  $\geq$  заданной, перейдем ко второму этапу – начнём увеличивать ВБР всей системы.

Попробуем увеличить ВБР для 1-й подсистемы. Поскольку разрешено использовать неадаптивное мажоритарное резервирование, то теперь придётся вводить 5 каналов и осуществлять выбор 3 из 5:

$$P_1^1(t) = P^5 + 5P^4(1 - P) + 10P^3(1 - P)^2.$$

На остальных участках – резервирование замещением с нагруженным режимом работы резервных подсистем, то есть  $P_i^1(t) = 1 - (1 - P_i)^n$  – работает хотя бы один канал из имеющихся. Получим:

$$P_1^1(t) = P^5 + 5P^4(1 - P) + 10P^3(1 - P)^2 = 0,99144,$$

$$P_2(t) = 1 - (1 - P_2)^4 = 0,996,$$

$$P_3(t) = 1 - (1 - P_3)^3 = 0,994,$$

$$P_4(t) = 1 - (1 - P_4)^3 = 0,992,$$

$$P_5(t) = 1 - (1 - P_5)^3 = 0,999.$$

Используя модифицированный градиент (2), определим  $(\delta_i^j)^* = \max\{\delta_i^j\}$ .  $(\delta_4^1)^* = \delta_4^1$ , значит, очередной элемент надо добавить на 4-м участке. Следовательно, ССН для шага  $j = 1$  будет иметь вид 3,3,2,3,2.

$$P_c^1 = 0,972 \cdot 0,9844 \cdot 0,9676 \cdot 0,992 \cdot 0,99 = 0,909 < P_c^{\text{зад}}(t).$$

$$W_c^1 = W_c^0 + W_4 = 173.$$

То есть увеличиваем резерв только на 4-м участке, остальные без изменений.

Шаг за шагом, резервируя элементы указанные модифицированным градиентом (2), приходим к ССН 3,4,3,3,4, для которой

$$P_c^3 = 0,972 \cdot 0,9961 \cdot 0,994 \cdot 0,992 \cdot 0,99 = 0,945 \geq P_c^{\text{зад}}(t),$$

что удовлетворяет условию  $P_c(t) \geq P_c^{\text{зад}}(t)$ .

Стоимость реализации системы на третьем шаге оптимизации  $W_c^3 = W_c^2 + W_2 = 197$ .

Итак, минимальная стоимость реализации системы  $W_c^{\min} = 197$  при достигаемой  $P_c(t) = 0,945$  больше заданной 0,94.

По данной методике был разработан алгоритм, в дальнейшем реализованный в программе. Для чистоты эксперимента программа выполняет также метод полного перебора.

Такая упрощённая методика может быть использована при выполнении практических расчётных заданий по дисциплине «Надёжность систем автоматизации», при выполнении курсовых и дипломных проектов и работ.

Методику возможно применять для расчета любых систем, используя и другие критерии, преобразовав формулу (2) под эти критерии. Это могут быть системы передачи данных, системы многоуровневой защиты и т.д.

### Библиографический список

1. Золотова Т.М., Кербников Ф.И., Розенблат М.А. Резервирование аналоговых устройств автоматики. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.

2. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. / под ред. В.С. Авдуевского (пред.) [и др.]. Т.1: Методология. Организация. Терминология / под ред. А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.

3. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. / под ред. В.С. Авдуевского (пред.) [и др.]. Т.2: Математические методы в теории надежности и эффективности / под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.

4. Основи надійності цифрових систем. Підручник / за ред. В.С. Харченка, В.Я. Жихарева. – Харків: Изд-во Мін-ва освіти та науки, 2004. – 572 с.

5. Анализ методов обеспечения пассивной отказоустойчивости цифровых устройств и систем / С.Ф. Тюрин, О.А. Громов, А.А. Сулейманов, А.В. Греков // Вестник Перм. гос. техн. ун-та. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 144–153.

6. Харченко В.С., Лысенко И.В., Надежность, контроль и диагностика ЭВМ: методическое пособие / ХАИ. – Харьков, 2001. – 65 с.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРНОГО ПОДАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ *NAVSTAR*

Студенты гр. КЗИ-9 Е.О. Литвинов, Н.А. Мусихин, А.Н. Шляков  
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент, А.В. Полшков  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Военное руководство США и НАТО рассматривает средства воздушного нападения, оснащенные высокоточным оружием (ВТО), как основной ударный компонент своих вооруженных сил, способный вести активные наступательные действия и избирательно наносить поражение военно-экономическому потенциалу противника как в войне с ядерным, так и с обычным оружием. Наибольшей точностью и защищенностью обладают средства воздушного нападения наводящиеся по глобальной навигационной системе (ГНС) *NAVSTAR*. Поэтому разработка методики выбора параметров структурного подавления информационных каналов навигационной системы *NAVSTAR* является актуальной научной задачей.

В состав ГНС входят три подсистемы:

- подсистема контроля и управления (наземный командно-измерительный комплекс (НКИК));
- подсистема навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ);
- аппаратура навигационных потребителей (АП).

Установлено, что наиболее реальным объектом воздействия является аппаратура потребителя ГНС *NAVSTAR*, а наиболее целесообразный способ воздействия – радиоподавление информационного канала НИСЗ – АП.

В качестве критерия подавления канала связи используется коэффициент радиоподавления. Традиционно коэффициент подавления рассчитывается на входе приемника, поскольку в системе *NAVSTAR* используются широкополосные сигналы, предлагается рассматривать коэффициент радиоподавления на выходе оптимального приемника, что обеспечит учет взаимнокорреляционных свойств сигнала помехи и информационного сигнала ГНС *NAVSTAR*.



Предлагается рассчитывать помеху для каждого потребителя ГНС *NAVSTAR* независимо от размещения НИСЗ. Тогда коэффициент подавления будет определяться следующим выражением:

$$K_{\text{РП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{П.ВЫХ.}i}}{P_{\text{С.ВЫХ}}}$$

где информационный сигнал на выходе приемника определяется выражением:

$$P_{\text{С.ВЫХ}} = \frac{P_{\text{ПРД.С}} G_{\text{ПРД.С}} G_{\text{ПРМ.С}} \lambda^2}{4\pi D_C^2} = P_{\text{С.ВХ}},$$

а сигнал помехи на выходе оптимального приемника:

$$\begin{aligned} P_{\text{П.ВЫХ.}i} &= \frac{P_{\text{ПРД}n} \cdot G_{\text{ПРД}ni} \cdot G_{\text{ПРМ}ni} \cdot G_{+i} \cdot \lambda^2}{4\pi D_n^2} K_{\text{КОРР}} = \\ &= P_{\text{ПРД}} \cdot K_{\text{ЗАТ}i} \cdot K_{\text{КОРР}}. \end{aligned}$$

При этом считается, что коэффициент корреляции информационного сигнала равен 1, поэтому  $P_{\text{ВХ.С}} = P_{\text{ВЫХ.С}}$ .

Задачу радиоподавления информационного канала и обоснования требований к средствам радиоподавления предлагается рассматривать при ограниченном ресурсе, т.е. в качестве целевой функции необходимо рассматривать стоимость радиоподавления при заданном коэффициенте подавления:

$$Cm_{\text{РП}} = f(n, P_{\text{ПРД}n}, G_{\text{ПРД}n}, G_{+}, S_i, h_i, u_n) \rightarrow \min,$$

где  $u_n$  – структура сигнала помехи, обеспечивающего требуемый уровень взаимной корреляции с информационным сигналом;

$n$  – количество передатчиков помех;

$P_{\text{ПРД}}$  – мощность передатчика помехи;

$G_{\text{ПРД}}$  – коэффициент усиления антенны передатчика в направлении на абонента;

$G_{+}$  – коэффициент взаимной поляризации приемной и передающей антенн;

$S_i$  – размещение передатчиков помех на местности;

$h_i$  – высота подъема передающей антенны.

Как видно, целевая функция учитывает суммарную стоимость передатчика помех, а также суммарную мощность летно-подъемных средств (ЛПС). Предполагается, что масса передатчика помех и его стоимость прямо пропорциональны его мощности, т.е.

$$C_{m\text{ПРД}} = K_{Cm} P_{\text{ПРД}},$$

$$m_{\text{ПРД.П}} = K_m P_{\text{ПРД.П}}$$

Тогда

$$C_{m\text{РП}} = C_{m\sum\text{ПРД}} + C_{m\sum\text{ЛПС}} \rightarrow \min,$$

или с учетом введенных допущений

$$C_{m\text{РП}} = n \cdot K_{Cm\text{ПРД}} \cdot P_{\text{ПРД}} + n \cdot C_{m\text{ЛПС}}(P_{\text{ПРД}}, h_{\text{ПРД}}) \rightarrow \min.$$

Мощность однотипных передатчиков помех определяется выражением:

$$P_{\text{ПРД.П}} = \frac{K_{\text{РП}} \cdot P_{\text{СВХ}}}{\sum_{i=1}^n K_{\text{ЗАТ } i}} \cdot \frac{1}{K_{\text{КОРР}}},$$

где  $K_{\text{РП}}$  – коэффициент радиоподавления,  $K_{\text{ЗАТ}}$  – коэффициент затухания при распространении радиоволн в пространстве,  $K_{\text{КОРР}}$  – коэффициент корреляции,  $P_{\text{СВХ}}$  – мощность сигнала на входе приемника.

Как видно из выражения, при детерминированной мощности одного передатчика помех суммарная мощность передатчиков помех будет определяться коэффициентом затухания радиоволн и коэффициентом корреляции информационного сигнала и сигнала помехи. Поскольку коэффициент взаимной корреляции является характеристикой структуры сигнала и не зависит от условий распространения электромагнитных волн, то задачу исследования можно разбить на две составляющие и рассматривать их независимо друг от друга.

Предполагается решить задачу структурного подавления, т.е. обосновать выбор такой структуры сигнала помехи, которая обеспечит наибольший коэффициент корреляции с максимальной вероятностью.

$$K_{\text{КОРР}} = R(u_c, u_n) / L \rightarrow \max.$$

**Методика выбора параметров структурного подавления.** В ГНС *NAVSTAR* используются два типа сложных фазоманипулированных сигналов, передающихся на различных частотах, каждый из которых реа-

лизован при помощи псевдослучайных последовательностей (ПСП) Голда. При этом в высокоточном сигнале реализована программная смена псевдослучайной последовательности, что обеспечивает повторение сигнала через несколько лет.

Одним из основных свойств ПСП Голда является «хорошая» взаимная корреляция образующих  $M$ -последовательностей, т.е. последовательности Голда строятся из так называемых предпочтительных пар  $M$ -последовательностей, обладающих малыми уровнями взаимной корреляции.

Оказывается, что две  $M$ -последовательности  $u$  и  $v$  периода  $N = 2^n - 1$  ( $n = 2 \pmod{4}$ ) такие, что  $v = u[q]$ , где  $q = 2^i + 2^j \pm 1$ , будут иметь трехуровневую ВКФ в том случае, если для соответствующих порождающих подпоследовательностей  $x$  и  $y$  ( $y = x[g]$ ) периода  $L = 2^{n/2} - 1$  справедливо  $g = q \pmod{L}$ .

Проведенный анализ известных способов структурного подавления сигналов показал, что возможны следующие способы:

- передача серии импульсов;
- ретрансляция одного из записанных сигналов;
- передача одного из сигналов заранее определенного ансамбля.

Однако эти способы не могут обеспечить требуемой эффективности подавления, так как последовательность Голда имеет сбалансированный набор 0 и 1, поэтому взаимно-корреляционная функция ПСП Голда и серии импульсов, предлагаемой в первом способе, будет близка к 0.

Второй способ приводит к определению автокорреляционной функции информационного сигнала ГНС *NAVSTAR* и сдвинутой во времени копии. Известно, что автокорреляционная функция ПСП Голда при таких сдвигах также близка к 0.

Третий способ при «попадании» обеспечивает взаимно-корреляционную функцию (ВКФ), равную 1, во всех остальных случаях, в соответствии со свойствами ПСП Голда ВКФ будет близка к 0, т.е. вероятность подавления будет определяться как  $P = 1/N$ , где  $N$  – количество ПСП в ансамбле. Для десятой степени  $P = 1/1025$ . Такая вероятность подавления неприемлема для военных целей.

Предлагается рассмотреть возможность гарантированного подавления информационного сигнала ГНС *NAVSTAR* с коэффициентом взаимной корреляции  $0 < K_{крр} < 1$ . Для этого необходимо воспользоваться свойствами  $M$ -последовательности. Установлено, что наряду с предпоч-

ительными парами М-последовательности могут также образовывать пары с большими уровнями взаимной корреляции:  $K_{кор} = 0,3...0,7$ .

Задача нахождения М-последовательности с «плохой» взаимной корреляцией ранее не решалась, поэтому является новой. Установлено, что такие пары образуют две М-последовательности, связанные друг с другом индексом децимации

$$g = \left( q \frac{L-1}{2} \right) \bmod L.$$

Максимально связанные множества и М-последовательности с «плохой» взаимной корреляцией можно представить в виде диаграммы. В этом случае М-последовательности с большой взаимной корреляцией будут диаметрально противоположны (рисунок).

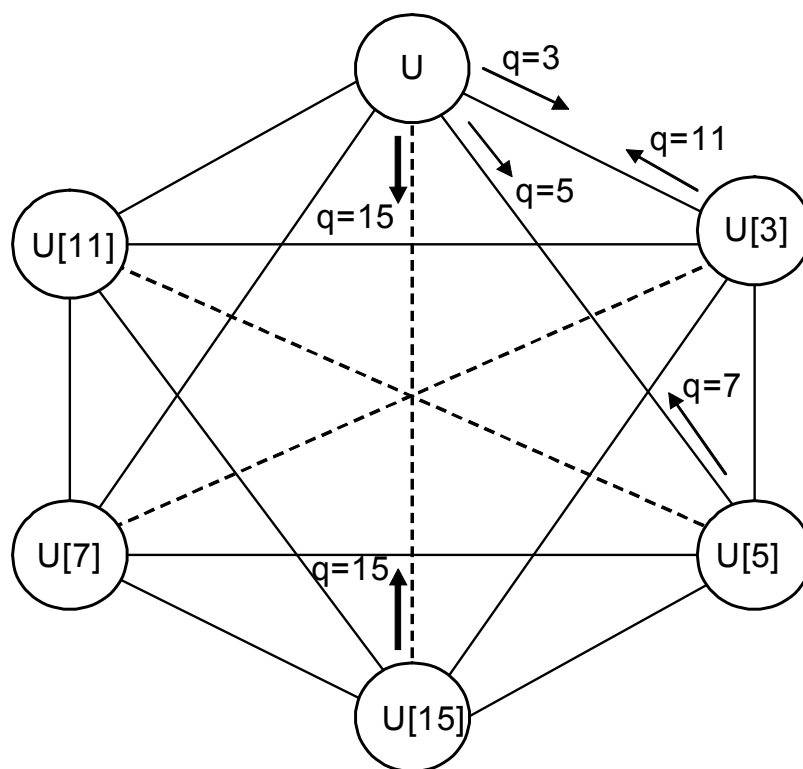


Рис. Максимально связанные системы М-последовательностей и ПСП с высоким уровнем ВКФ

Методика обоснования параметров структурного подавления сводится:

- к определению структуры сигнала ГНС *NAVSTAR*;
- определению структуры помехового сигнала;
- формированию сигнала помехи в реальном масштабе времени.

Для определения структуры сигнала ГНС *NAVSTAR* предлагается воспользоваться аналитическим описанием текущих отсчетов ПСП Голда и построить систему уравнений для двух  $n$  неизвестных.

Для того чтобы исключить нулевое решение системы уравнений, ее необходимо дополнить двумя неравенствами, исключающими такое решение. Система уравнений и неравенств выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_j = h_0 u_{j-n} \oplus h_1 u_{j+1-n} \oplus \dots \oplus h_{n-1} u_{j-1} \oplus f_0 v_{j-n} \oplus f_1 v_{j+1-n} \oplus \dots \oplus f_{n-1} v_{j-1} \\ y_{j+1} = h_0 u_{j+1-n} \oplus f_1 u_{j+2-n} \oplus \dots \oplus h_{n-1} u_j \oplus f_0 v_{j+1-n} \oplus f_1 v_{j+2-n} \oplus \dots \oplus f_{n-1} v_j \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{j+2n-1} = h_0 u_{j+2n-1-n} \oplus h_1 u_{j+2n-n} \oplus \dots \oplus h_{n-1} u_{j+2n-2} \oplus f_0 v_{j+2n-1} \oplus f_1 v_{j+2n-n} \oplus \dots \\ \dots \oplus f_{n-1} v_{j+2n-2}, \\ h(x) = \{h_0, h_1, \dots, h_n\} \neq 0, \\ f(x) = \{f_0, f_1, \dots, f_n\} \neq 0. \end{array} \right.$$

Структура помехового сигнала – номер М-последовательности определяется из выражения

$$g = \left( q \frac{L-1}{2} \right) \text{mod} L,$$

где  $q$  – номер порождающей М-последовательности по таблице;  $g$  – номер ПСП помехи в таблице.

Предлагаемая методика позволяет в реальном масштабе времени формировать структуру сигнала помехи для заданного периода информационной последовательности.

**Заключение.** Предложенный подход предполагает рассмотрение коэффициента радиоподавления на выходе приемника и использование помехового сигнала, обеспечивающего достаточно высокий уровень взаимной корреляции. При этом коэффициент взаимной корреляции будет заведомо меньше 1, но обеспечен в 100 % случаев.

Методика выбора параметров структурного подавления сводится к определению структуры фазоманипулированного сигнала по нескольким принятым отсчетам и определению номеров порождающих М-последовательностей. По номеру первой М-последовательности предлагается выбрать сигнал с высоким уровнем взаимной корреляции и сформировать М-последовательность, которая является помехой.

В результате исследований установлено, что заведомо высоким уровнем взаимной корреляции обладают последовательности, связанные индексом децимации. Такие ПСП диаметрально противоположны.

Таким образом, достаточно определить номер ПСП помехи и ее порождающий полином для одной из порождающих последовательностей Голда. Сигнал помехи формируется по известным алгоритмам с использованием регистра сдвига.

Определенная структура сигнала помехи обеспечивает коэффициент взаимной корреляции не ниже 0,3 в 100 % случаях, что позволяет нейтрализовать ускоренный алгоритм вхождения в синхронизм потребителей и различать сигнал помехи только после полной отработки сигнала.

### **Библиографический список**

1. Морозов В.М. Спутниковая радионавигационная система «NAVSTAR-GPS». Принципы построения, характеристики, основные направления и способы использования для навигационно-временного обеспечения систем и средств вооружения / Российский институт радионавигации и времени. – СПб., 1998. – 66 с.

2. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.

3. Полшков А.В. Анализ условий боевого применения аэростатных систем РЭП: отчет о НИР (шифр «Бредень». Этап 1-М. Воздухоплавательный центр «Авгурь»). – Пермь, 1999.

4. Полшков А.В. Теоретические основы структурного подавления фазоманипулированных сигналов Голда // Информационные управляющие системы: сб. науч. тр. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2006. – 341 с.

5. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

6. Шебшаевич В.С. Введение в теорию космической навигации. – М.: Советское радио, 1997. – 296 с.

7. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / под ред. проф. В.Б. Пестрякова. – М.: Советское радио, 1973. – 424 с.

# АКТУАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ КЛЮЧЕВЫХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Студент гр. КЗИ-12-1 Р.Б. Рашевский

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.С. Шабуров  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

Одной из актуальных государственных задач является необходимость разработки и внедрения технологии информационной безопасности в системах управления критически важными объектами (КВО).

К критически важным относятся объекты, прекращение или нарушение функционирования которых приводит к чрезвычайным ситуациям или к значительным негативным последствиям для обороны, безопасности, экономики, иных сфер хозяйства или инфраструктуры страны либо для жизнедеятельности населения, проживающего на соответствующей территории.

Примерами подобных объектов, наиболее приближенных по своему функциональному предназначению к вопросам обеспечения жизни и здоровья людей, являются объекты систем энергообеспечения и водоснабжения, системы управления транспортом и т.п. [1].

Ключевая система информационной инфраструктуры (КСИИ) – информационно-управляющая или информационно-телекоммуникационная система, осуществляющая управление КВО, в результате деструктивных информационных воздействий на которую может сложиться чрезвычайная ситуация или будут нарушены выполняемые системой функции управления со значительными негативными последствиями.

За последние несколько лет были обнаружены несколько специально разработанных вредоносных программ, направленных на поражение КВО посредством разрушающего программного воздействия на КСИИ.

Данная разновидность программ относится к классу «кибероружия», который на сегодняшний день охватывает вредоносные коды, обнаруженные в различное время в период с 2010 по 2012 г. включительно, на различных КВО по всему миру. В статье приводится краткое описание данных программ и анализируется характер негативного информационного воздействия на КСИИ.

Первым представителем данного класса программ является «червь» *Stuxnet*, обнаруженный в июле 2010 г. специалистами белорусской антивирусной компании «ВирусБлокАда». *Stuxnet* был обнаружен на рабочих станциях, отвечающих за управление программируемыми логическими

контроллерами (ПЛК) *Siemens Simatic S7*, которые использовались на секретном объекте иранской ядерной программы – центре по обогащению урана в окрестностях города Натанз.

Основной целью червя является вывод из строя центрифуг по обогащению урана посредством изменения управляющей программы ПЛК *Siemens Simatic S7*. На данный момент специалистами Лаборатории Касперского установлено, что *Stuxnet* успешно действовал, как минимум, с января 2010 г. Предположительно, *Stuxnet* был разработан в сотрудничестве спецслужб Израиля и США в рамках проведения специальной операции по срыву ядерной программы Ирана [2].

Для своего распространения *Stuxnet* использует переносные накопители (USB-flash) и сетевую инфраструктуру. В ходе анализа данной вредоносной программы было выяснено, что для распространения и выполнения основной задачи было задействовано сразу несколько уязвимостей нулевого дня (0-day) – MS08-067, MS10-046, MS10-061, MS10-073, MS10-092 и CVE-2010-2772. Также анализ выявил, что драйверы *Stuxnet* были подписаны действующими цифровыми подписями *Realtek Semiconductor* и *JMicron*.

Второй широко известной вредоносной программой стал *Duqu*, впервые обнаруженный в Венгрии в сентябре 2011 г. На сегодняшний день достоверно известно о большом количестве инцидентов заражения *Duqu*. В ходе анализа данной вредоносной программы было выявлено большое сходство программного кода *Duqu* с программным кодом *Stuxnet*, что позволило сделать вывод о том, что данные вредоносные программы были созданы на одной и той же платформе. Специалисты компании *McAfee* предполагают, что основным функционалом *Duqu* являлась кража информации из корневых центров сертификации для создания в дальнейшем действительных цифровых подписей для других вредоносных программ, например *Stuxnet* [3]. В свою очередь, специалисты компании *Symantec* выдвинули предположение, что задачей *Duqu* была кража промышленной информации, другими словами, *Duqu* – не что иное, как троянец-шпион [4].

Для распространения и выполнения основной задачи в *Duqu*, так же, как и в *Stuxnet*, были задействованы 0-day уязвимости – уязвимость, приводящая к повышению привилегий, аналогичная уязвимости MS10-073, обнаруженной в *Stuxnet*, а также MS10-092, «позаимствованная» из *Stuxnet*.

Следующей вредоносной программой является *Wiper*. На сегодняшний день *Wiper* является самым малоизученным представителем класса



«кибеоружия». Первый эпизод заражения данной программой произошел на иранском нефтедобывающем терминале, расположенном в Персидском заливе [5]. Лаборатория Касперского, в распоряжении которой оказалось несколько жестких дисков, пораженных *Wiper*, опубликовала свой анализ данной вредоносной программы. По результатам исследования специалисты Лаборатории Касперского пришли к выводу о том, что «червь» успешно функционирует с декабря 2011 г. Основным функционалом *Wiper* является удаление информации с жестких дисков персональных компьютеров с использованием специальных алгоритмов, исключающих возможность восстановления удаленной информации [6]. Более того, оказалось невозможным и восстановить исходный код самой вредоносной программы, что, безусловно, свидетельствует о высоком уровне подготовки данных атак.

Очередной вредоносной программой из данного перечня является *Flame*. *Flame* относится к классу троянских программ – бэкдоров, основным предназначением которых является шпионаж. Предположительно, для проникновения используется уязвимость MS10-033, позволяющая получить неавторизованный доступ к компьютеру. *Flame* способен выполнять перехват и анализ сетевого трафика, записывать аудиофайлы (при наличии на компьютере микрофона), делать снимки экрана, перехватывать нажатия клавиш клавиатуры, а затем передавать собранную информацию на управляющие сервера [7]. Как удалось выяснить в результате анализа полученных образцов вредоносной программы, *Flame* имеет модульную структуру, которая насчитывает по меньшей мере 20 модулей, реализующих различный шпионский функционал. Причем установка тех или иных модулей выполняется по команде с управляющего сервера.

Для усложнения анализа авторы данной вредоносной программы при разработке использовали скриптовый язык Lua. Также авторами *Flame* были намеренно изменены даты создания файлов (time-stamp), что не позволяет достоверно установить время разработки *Flame*, однако предположительно первые образцы появились не ранее 2010 г.

Последней из перечня выявленных вредоносных программ является *Gauss*. Данная программа так же, как и *Flame*, является троянской программой – бэкдором с основной целью кражи конфиденциальной информации. Более того, главной целью данной вредоносной программы является кража данных авторизации в системах дистанционного банковского обслуживания (ДБО) финансовых организаций Ближнего Востока [8].

Предположительно *Gauss* начал функционировать в августе-сентябре 2011 г. и оставался незамеченным вплоть до середины 2012 г.

*Gauss* способен перехватывать cookie-файлы и пароли, вводимые в интернет-браузере, данные по учетным записям в социальных сетях, почтовых сервисах и системах мгновенного обмена сообщениями.

Так же, как и *Flame*, *Gauss* имеет модульную структуру, состоящую из 9 модулей: *Cosmos* (собирает информацию о CMOS и BIOS компьютера), *Kurt* и *Godel* (выполняют функцию заражения USB носителей информации для дальнейшего распространения вредоносной программы), *Tailor* (собирает информацию о сетевых подключениях и интерфейсах), *McDomain* (собирает информацию о пользовательском домене), *UsbDir* (собирает информацию о содержимом USB носителей информации), *Lagrange* (устанавливает специальный шрифт в атакуемую систему), *Gauss* (главный модуль, осуществляет сбор информации о cookie-файлах и плагинах интернет-браузера), *ShellHW* (осуществляет загрузку вредоносной программы и обмен информацией с управляющими серверами).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о подверженности КВО значительному риску посредством атак со стороны вредоносного программного обеспечения. При этом характерна все возрастающая степень опасности негативного воздействия на информационные управляющие системы. Кроме того, для атак на КСИИ используются принципиально новые подходы и изощренные методы их проведения, что требует реализации новых методов защиты информационных систем [9].

Повышение актуальности угроз информационной безопасности, опасности отдельных классов вредоносных программ, а также необходимость поиска адекватных методов и средств защиты в свою очередь требуют развития и совершенствования учебно-лабораторной базы для подготовки специалистов по защите информации.

### Библиографический список

1. Данилов А.Н., Шабуров А.С. О применении концептуального подхода в решении задачи обеспечения безопасности информационно – управляющих систем // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2012. – № 1. – С. 113–119.
2. David E. Sanger Confront and Conceal // Crown Publishing Group. – 2012.
3. URL: <http://blogs.mcafee.com/mcafee-labs/the-day-of-the-golden-jackal-%E2%80%93-further-foes-of-the-stuxnet-files>

4. URL: [http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/media/security\\_response/whitepapers/w32\\_duqu\\_the\\_precursor\\_to\\_the\\_next\\_stuxnet.pdf](http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/media/security_response/whitepapers/w32_duqu_the_precursor_to_the_next_stuxnet.pdf)
5. URL: <http://www.nytimes.com/2012/04/24/world/middleeast/iranian-oil-sites-go-offline-amid-cyberattack.html>
6. URL: [http://www.securelist.com/ru/blog/207764148/Chto\\_eto\\_tam\\_byl\\_za\\_Wiper](http://www.securelist.com/ru/blog/207764148/Chto_eto_tam_byl_za_Wiper)
7. URL: [http://www.securelist.com/ru/blog/207763998/Flame\\_hasto\\_zadavaemye\\_voprosy](http://www.securelist.com/ru/blog/207763998/Flame_hasto_zadavaemye_voprosy)
8. URL: [http://www.securelist.com/ru/blog/207764132/Gauss\\_gosudarstvennyy\\_kibershpiionazh\\_plyus\\_bankovskiy\\_troyanets](http://www.securelist.com/ru/blog/207764132/Gauss_gosudarstvennyy_kibershpiionazh_plyus_bankovskiy_troyanets)
9. URL: [http://www.securelist.com/ru/analysis/208050772/Bezopasnost\\_klyuchevykh\\_sistem\\_informatsionnoy\\_infrastruktury\\_tochka\\_doveriya](http://www.securelist.com/ru/analysis/208050772/Bezopasnost_klyuchevykh_sistem_informatsionnoy_infrastruktury_tochka_doveriya)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Секция 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ</b> .....	3
Алексеев Ю.И., <i>Бранцевич П.Ю.</i> Веб-приложение для анализа и обработки вибрационных сигналов .....	4
Блинаева Е.В. Автоматизация процесса инфразвуковой пылега- зоочистки .....	6
Ершов С.В., Субботин Е.В. <i>Труфанова Н.М.</i> Исследование влия- ния охлаждения шнека на процесс экструзии .....	12
Колыхматов А.О., <i>Сокольчик П.Ю.</i> Разработка учебно- методического комплекса по исследованию алгоритмов систем управления непрерывно-периодическими технологическими процессами на базе микропроцессорного комплекса <i>Modcell</i> .....	19
Гасанов Р.Т., <i>Стародумов А.В.</i> Автоматизированная обучающая система КП ВДО «Гармония», модуль «Теоретическая часть» .....	25
Горковенко А.В., <i>Набатов А.В.</i> Автоматизированная информационная система «Несение службы» .....	29
Папазов Е.В., <i>Набатов А.В.</i> Автоматизация поста радиационно- го, химического и биологического наблюдения .....	34
Пахомов А.А., <i>Тарутин А.В.</i> Автоматизация мониторинга работы радиостанций .....	37
Сивоконев В.Д., <i>Тарутин А.В.</i> Автоматизация хранения рабочей документации .....	42
Подаев В.М., <i>Стародумов А.В.</i> Автоматизированная обучающая система ГИС «КПВДО Гармония», модуль «Проверка знаний» .....	47
Бендына В.Е., <i>Однолько Д.С.</i> Современные конструкции электротормозов .....	49
Телеш Е.Ю., Постников Д.И., <i>Однолько Д.С.</i> Применение ис- кусственных нейронных сетей в системах электропривода .....	51
Моисеева К.А., Бубляева А.Н., <i>Вдовикина О.А.</i> Эволюция средств визуализации цифровых и оцифрованных изображений .....	53
Сташков С.И., <i>Шумихин А.Г.</i> Алгоритм приведения многоком- понентной смеси известного состава к заданному методом минимальных добавок компонентов .....	55

Кузнецова Т.В., Трофимов В.Н. Долевые напряжения при волочении осесимметричных многослойных композитов .....	59
Бахирев И.В., Кавалеров Б.В. Нейросетевые модели управления в задачах испытания САУ ГТУ .....	64
Попов Д.А., Шмидт И.А. Разработка интегрированной системы проведения испытаний газотурбинных установок большой мощности .....	69
Попов Д.А., Шмидт И.А. Реализация интегрированной системы испытаний газотурбинных установок большой мощности на базе аппаратных средств <i>National Instruments</i> .....	77
Бояршинова А.А., Мурзакаев Р.Т. Использование модуля <i>Paint Effects</i> для моделирования растительного мира в редакторе трехмерной графики <i>Autodesk Maya</i> .....	85
Шилов В.С., Клементьева А.Н., Мурзакаев Р.Т. Проектирование автоматизированной системы фигурного раскроя листовых ма- териалов .....	89
Салимзебаров Э.Д., Семаков М.Н., Леготкина Т.С., Хижняков Ю.Н. Исследование объектов с нейронным управлением .....	94
Ардеев А.Ю., Смогунов В.В. Выбор притира для доводочных станков .....	99
Сулейманов А.А., Тюрин С.Ф. Особенности автоматизирован- ного синтеза схем функций смешанного типа в ФПТ-базисе .....	104
<b>Секция 2. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ .....</b>	<b>112</b>
Алисеевич В.И., Крысенко М.И., Бранцевич П.Ю. Анализ некоторых недостатков и возможные направления совершенствования существующих банковских криптографических систем, поддерживающих учет носителей ключевой информации .....	113
Алисеевич В.И., Крысенко М.И., Глухова Л.А. Меры оценки защищенности баз данных .....	119
Левкович В.Ю., Однолько Д.С. Обзор библиотеки стандартной периферии STM32 .....	123
Третьяков Ф.И., Серебряная Л.В. Метод параллельной классификации и кластеризации текстовых данных.....	125
Черепков А.А., Кузьмин А.В. Автоматизированная система контроля работы сердца в условиях психоэмоциональной нагрузки .....	130
Гавришев А.А., Бурмистров В.А., Осипов Д.Л. Имитозащита объектов информационных систем .....	133

Удалая Т.В., Чернышева Т.Ю. Идентификация и оценка рисков ИТ-проектов на предпроектной стадии .....	136
Соловьёв А.В. Использование облачных технологий для управления розничной торговой сетью .....	141
Кривилёв И.С. Проблемы внедрения программы «10 шагов сервиса КИА» на станции технического обслуживания KIA MOTORS компании «ДАВ-АВТО» .....	144
Абдасов Н.С., Соромотин Д.С., Липин Ю.Н. Справочная система <i>Delphi</i> .....	153
Артемов А.А., Кавалеров М.В. Особенности выделения объекта на основе ключевых точек изображения, получаемых с помощью метода <i>SURF</i> .....	156
Беляев А.В., Гончаровский О.В. Исследование возможностей управления с использованием ближней инфракрасной спектроскопии мозга .....	162
Валеев Д.Р., Тюрин С.Ф. Разработка ядра для построения автоматизированных распаковщиков навесных защит файлов PE-формата .....	168
Кузнецов Г.С., Кавалеров М.В. Добавление 12-го базового цвета в модель автоматического именованя цвета на основе нечетких множеств .....	173
Набиюллин А.Р., Кавалеров М.В. Применение направленных антенн для увеличения дальности действия беспроводного канала передачи данных мобильного робота .....	178
Набиюллин А.Р., Кавалеров М.В. Робот для присмотра за домом. Модернизация мобильной платформы .....	183
Темичев А.А., Брайан Максимилиан. Конфигуратор <i>JCONFIG</i> .....	188
Каменских А.Н., Тюрин С.Ф. Реализация самосинхронного подхода приминительно к функционально-полному толерантному элементу .....	192
<b>Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>198</b>
Aleksander Erokhin, Sergei Neroslov, Nils Heinrich. Organization of remote data collection with the use VIDA 44m VIA GSM/GPRS NETWORKS .....	199

Bakunov R.R., Mechonoshin A.S., Frank T., Kychkin A.V. Correlation method for recognition of states of distributed energy consumers .....	204
Франк Т., Пойлов О.А., Степанова М.В. Технология сертификации по энергоменеджменту .....	210
Скрыпник В.И., Кузнецов А.В. Повышение эффективности технологической цепочки производства топливной щепы из лесосечных отходов .....	216
Чугунов А.Д., <i>Однолько Д.С.</i> Энергосберегающие мероприятия в электроприводе промышленных установок .....	221
Липский А.С., Кривецкий В.В., <i>Однолько Д.С.</i> Современное состояние, тенденции развития трансформаторостроения .....	223
Нехайчик М.И., <i>Однолько Д.С.</i> Особенности и конструкция многоуровневых автономных инверторов напряжения .....	226
Абрамович П.А., Кипеть А.В., <i>Однолько Д.С.</i> Альтернативные источники энергии в электромобилях .....	228
Головень А.И., Демидов Д.Ю., <i>Однолько Д.С.</i> Применение современных сварочных инверторов в промышленности .....	231
Дементьев А.В., <i>Однолько Д.С.</i> Использование преобразователей частоты <i>VACON</i> в промышленности .....	234
Ярец В.В., <i>Однолько Д.С.</i> Автономные источники электроэнергии на основе топливных элементов .....	236
Радченко А.В., <i>Однолько Д.С.</i> Пути совершенствования асинхронных двигателей .....	239
Рудник В.В., Скабейко К.В., <i>Однолько Д.С.</i> Эффективный инструмент модернизации шахтных подъемных машин на основе асинхронного электропривода .....	241
Сасов А.Л., <i>Однолько Д.С.</i> Применение технологии рекуперативного торможения в частотных электроприводах .....	244
Стома В.Н., Шилович А.Ю., <i>Однолько Д.С.</i> Инновационные решения в области передачи беспроводной электроэнергии .....	246
Выголова Е.А., <i>Елтышев Д.К., Кычкин А.В.</i> Создание ситуаци- онных центров как инструмента поддержки процесса энергосбережения .....	248
Жумангалиева Р.Ж., Саквина М.А., <i>Прохоров А.В.</i> Исследование режимов работы управляемого шунтирующего реактора для за- дач интеллектуального управления на базе всережимного моделирующего комплекса реального времени .....	255

Понуровский И.С., Морозов А.М., <i>Тюрин С.Ф.</i> Постановка задачи синтеза энергосберегающей системы логического управления с использованием микропрограммно-аппаратного вычисления логических функций .....	261
Прохоров А.С. Современные тенденции энергосбережения на уровне кристаллов интегральных микросхем .....	264
<b>Секция 4. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ .....</b>	<b>268</b>
Талецкий Е.Н., <i>Гололобов Д.В.</i> О возможности передачи электромагнитной энергии по неприспособленным линиям .....	269
Печень Т.М. Применение лазеров 3-го и 4-го класса опасности в телекоммуникационных системах .....	274
Гнедаш Е.В., <i>Чернышева Т.Ю.</i> Динамика поведения потенциальных пользователей рынка ИТ-услуг.....	276
Зорина Т.Ю., <i>Чернышева Т.Ю.</i> Методы оценки рисков разработки ИТ-проектов .....	280
Паньков А.Ю., Ключихин Я.Д., <i>Масич Г.Ф.</i> Визуализация параллельных потоков данных, передаваемых по скоростным сетям .....	284
Сидоров И.А., Масич А.Г. Инструментарий исследования работы протокола TCP в скоростных протяженных сетях .....	290
Ланцова М.В., Сидоров И.А., <i>Масич Г.Ф.</i> Стратегии управления потоком протокола TCP: <i>RENO</i> и <i>CUBIC</i> .....	297
Бусыгин В.В., Антинескул А.В., <i>Кон Е.Л.</i> Планирование РИУС на базе технологии <i>LONWORKS</i> .....	305
Даденков С.А., Кузнецов Д.И., <i>Кон Е.Л.</i> Лабораторный стенд для исследования проблем технического диагностирования <i>LONWORKS</i> -сети .....	310
Посягин А.И., <i>Южаков А.А.</i> Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе нейронной сети .....	315
Пирожков А.П., <i>Фрейман В.И.</i> Исследование каналов с памятью, описываемых моделью гильберта, с использованием среды моделирования <i>MATLAB</i> .....	318



Якушев А.П., Антинескул А.В., Кон Е.Л. Разработка лабораторного стенда для исследования этапов проектирования и ввода в эксплуатацию РИУС на базе технологии <i>LONWORKS</i> .....	324
Яматов А.Р., Тюрин С.Ф. Методика синтеза структурной схемы надёжности системы с применением модифицированного градиента в процедуре наискорейшего спуска .....	330
Литвинов Е.О., Мусихин Н.А., Шляков А.Н., Поликов А.В. Методика определения параметров структурного подавления информационных каналов навигационной системы <i>NAVSTAR</i> .....	336
Рашевский Р.Б., Шабуров А.С. Актуальные угрозы безопасности ключевых систем информационной инфраструктуры .....	343

Научное издание

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ,  
ПРАКТИКА (INNOTECH 2012)**

Материалы IV Международной  
интернет-конференции молодых ученых,  
аспирантов, студентов  
(01 ноября 2012 г. – 31 декабря 2012 г.)

*Корректор И.Н. Жеганина*

---

Подписано в печать 13.05.2013.  
Формат 60×90/18. Усл. печ. л 45,0.  
Заказ 102/2013. Электронное издание

---

Издательство  
Пермского национального исследовательского  
политехнического университета.  
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.  
Тел. (342) 219-80-33.