

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 2013)**

Материалы V Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(01 ноября 2013 г. – 30 ноября 2013 г.)

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2014

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;

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

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

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

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

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

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

Рецензент

д-р техн. наук, профессор, генеральный директор ОАО «НИИУМС» *В.Н. Аликин*

Секция 1

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВНУТРИТРУБНОГО МИКРОРОБОТА С ВИБРАЦИОННЫМ ПРИВОДОМ

Студент гр. А-93 Д.А. Климовский

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Н.А. Смирнов*
Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Исследуется математическая модель движения внутритрубного микроробота с вибрационным приводом и анизотропным трением контактной поверхности. С помощью математического пакета «Maple» создана программа для моделирования и исследования движения такого механизма.

Ключевые слова: внутритрубный микроробот, вибрационный привод, анизотропное трение

MODELLING MOVEMENT OF INTRATUBAL MICRO-ROBOTS WITH VIBRATION ENGINE AND NAPPED OR TUFTED CONTACT SURFACE

Student gr. A-93 Klimovskiy Dmitriy

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *N.A. Smirnov*
Siberian State Aerospace University named after academician
M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

In this paper investigated the mathematical model of the motion intratubal microrobot with a vibratory engine and anisotropic friction contact surface. With the help of mathematical package «Maple» created a program for modeling and studying motion of this mechanism.

Keywords: intratubal micro-robots, vibratory engine, anisotropic friction

Одной из основных тенденций развития современных технологий является уменьшение размеров компонентов, устройств и машин, входящих в технологические процессы и выполняющих производственные операции. Особое значение имеет рассмотрение движения существующих и перспективных систем, например, таких как мобильные миниатюрные роботы и автоматизированные группы миниатюрных устройств, созданных на основе достижений микроэлектроники, мехатроники, информационных и других технологий [1].

Известны различные микророботы на основе инерционного движения в ограниченном и свободном пространстве [2]. Рассматриваемый микроробот основан на использовании анизотропии трения для упоров и электромеханического привода с неуравновешенной массой для создания движущей силы. Конструкция (рис. 1) состоит из следующих основных частей:

Математическая модель такого механизма будет выглядеть следующим образом. Зададимся системой координат XOY так, чтобы ось OX была направлена вдоль оси трубы (рис. 2).

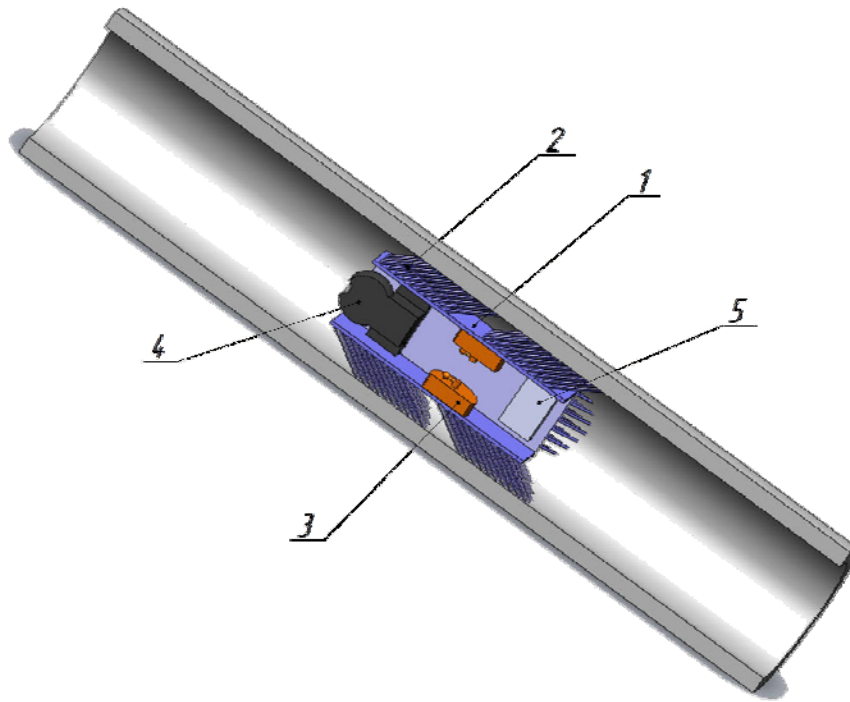


Рис. 1. Конструкция внутритрубного микроробота: 1 – квадратная труба; 2 – ворсинки; 3 – два электродвигателя с неуравновешенной массой; 4 – полезная нагрузка (камера, исследовательский прибор); 5 – источник питания

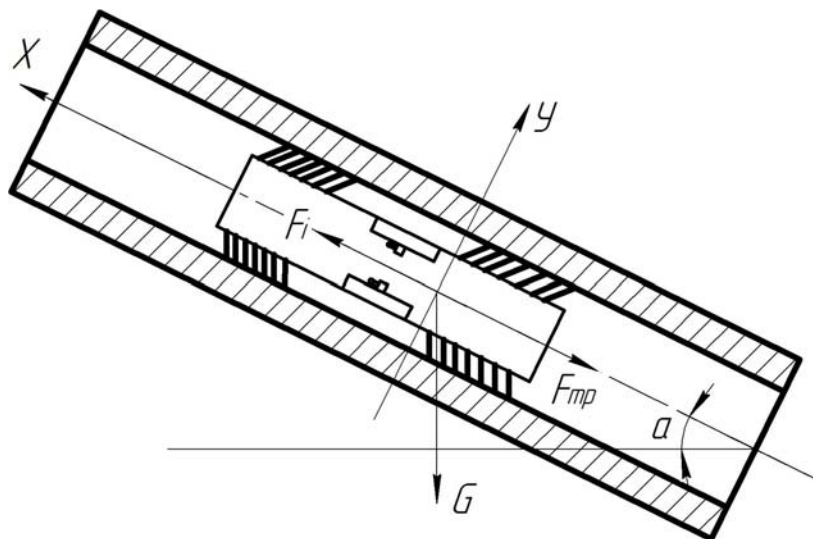


Рис. 2. Расчетная схема

Основное дифференциальное уравнение движения модели вдоль оси OX :

$$M \frac{dV_x}{dt} = \sum F ,$$

где M – масса модели, V_x – скорость в направлении оси OX ; F – сумма сил, действующих по оси OX .

Как видно из рисунка, на механизм действуют три силы: G – сила тяжести, F_i – суммарная сила инерции от двух приводов с неуравновешенной массой, $F_{тр}$ – анизотропное трение.

Силы инерции от вращения неуравновешенной массы определяются как

$$F_{in} = m\omega^2 r \sin(\omega t + \varphi),$$

где m – неуравновешенная масса, ω – угловая скорость вращения двигателя, r – радиус вращения, φ – начальный угол вращения неуравновешенной массы. Двигатели должны вращаться в разные стороны, но находятся в одной фазе в момент, когда сила инерции от неуравновешенной массы совпадает с осью OX ,

Сумма сил инерции дает движущую силу:

$$F_i = m\omega_1^2 r \sin(\omega_1 t + \varphi_{10}) + m\omega_2^2 r \sin(-\omega_1 t + \varphi_{20}).$$

Известны значения силы трения в направлении движения по ворсу ($F_{тр1}$) и против ворса ($F_{тр2}$) в зависимости от угла наклона и материала ворсинки [2]. Тогда силу анизотропного трения в проекции на ось OX запишем в следующем виде:

$$F_{тр} = \begin{cases} -F_{тр1}, & \text{при } V_x > 0, \\ F_{тр2}, & \text{при } V_x \leq 0. \end{cases}$$

Окончательное уравнение движения запишется в виде:

$$M \frac{dV_x}{dt} = m\omega_1^2 r \sin(\omega_1 t + \varphi_{10}) + m\omega_2^2 r \sin(-\omega_1 t + \varphi_{20}) - G \sin(\alpha) + F_{тр}.$$

Аналитическое решение данного уравнения затруднительно за счет наличия анизотропного трения, значение которого зависит от направления движения модели.

Численное моделирование в пакете «Maple» помогает решить эту задачу. В процессе работы создана исследовательская программа, позволяющая определить изменения скорости и перемещение модели. Для модели с массой $M = 160$ г, вращающейся массой 5 г, частотой вращения двигателей $n = 2000$ об/мин и углом наклона трубы $\alpha = 30^\circ$ получены следующие результаты (рис. 3, 4).

Созданная программа позволяет анализировать поведение модели при различных значениях угловых скоростей двигателей и строить графики изменения скорости и перемещения вдоль оси OX .

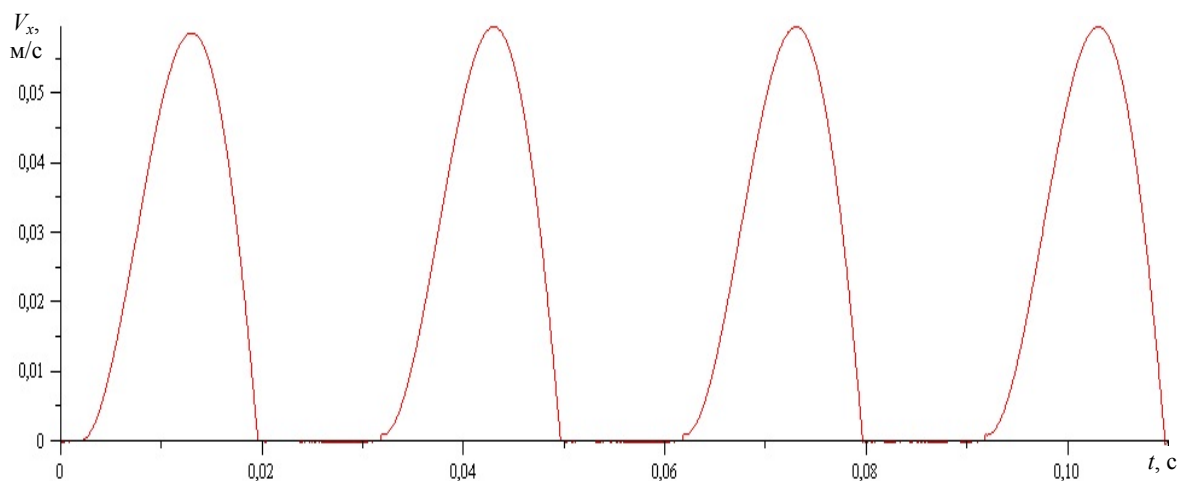


Рис. 3. Изменение скорости V_x

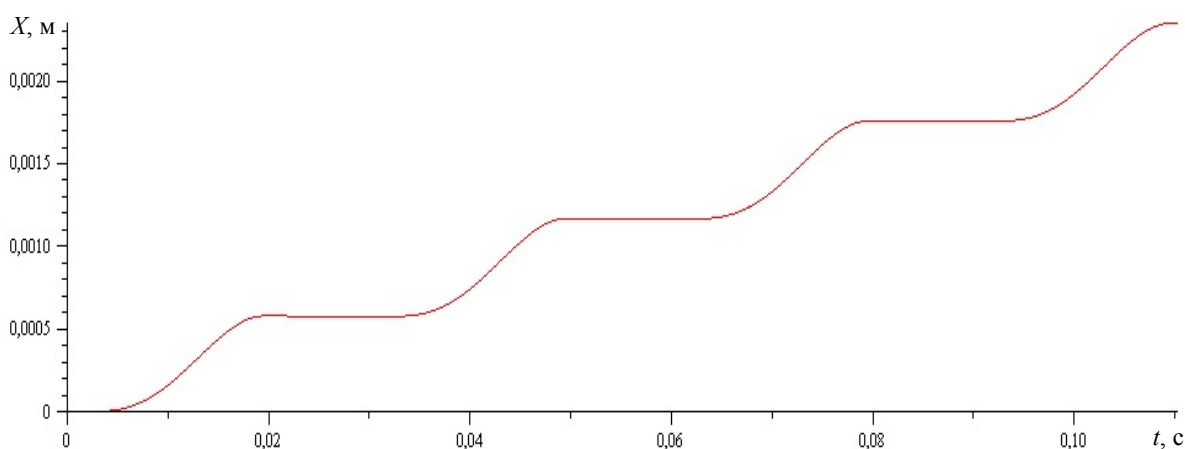


Рис. 4. Перемещение модели вдоль оси OX

Механизмы подобного типа имеют преимущества при исследовании труб небольшого диаметра, расположенных под большими углами наклона, где применение колес или гусениц невозможно.

Библиографический список

1. Подураев Ю.В. Мехатроника: Основы, методы, применение. – М.: Машиностроение, 2006. – 255 с.

2. Механика миниатюрных роботов / В.Г. Градецкий, М.М. Князьков, Л.Ф. Фомин, В.Г. Чашухин; Ин-т механики им. А.Ю. Ишлинского РАН. – М.: Наука, 2010. – 271 с.

О ТЕПЛО ВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЯХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СВЯЗИ

Магистр техники и технологий, аспирант О.В. Пастушенко
Сибирский государственный аэрокосмический университет,
г. Красноярск

Представлены содержательно-целевой уровень тепловакуумных испытаний космических аппаратов связи и перспективы их развития.

Ключевые слова: тепловакуумные испытания; космический аппарат связи; тепловой режим; космическое пространство; вакуум; излучение.

THE THERMAL VACUUM TESTS OF THE SPACECRAFT COMMUNICATION

Master of technics and technology, Graduate Student O.V. Pastushenko
Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk

The article presents content-targeted level thermal vacuum testing of spacecraft communications and prospects for their development.

Keywords: Thermal vacuum testing; spacecraft communication; thermal regime; outer space; vacuum; radiation.

Тепловакуумные испытания космических аппаратов связи (КАС) и его элементов являются комплексными испытаниями, при которых на КАС и его элементы одновременно воздействует ряд факторов космического пространства. Для проведения подобных испытаний используются специальные имитаторы – камеры, в которых различными способами создаются условия космического пространства для имитации внешних воздействий при орбитальном функционировании КАС.

Целью тепловакуумных испытаний (ТВИ) является проверка функционирования аппаратуры КАС в заданных тепловых режимах. Цикл отработки включает в себя работы по различным направлениям:

- 1) проверка эффективности работы системы терморегулирования (СТР) КАС в условиях, максимально приближенных к натурным;
- 2) исследование работоспособности СТР в условиях аварийной ситуации, т.е. при отказе тех или иных блоков, узлов, датчиков, случайном изменении оптических свойств, нарушении герметичности, изменении внутреннего тепловыделения и т.д.;
- 3) исследование фактически реализующегося поля температур в конструкции КА, приборных отсеках, элементах солнечных батарей и т.д.;
- 4) проверка работы электронной и иной аппаратуры в условиях реальных нестационарных градиентов температуры;

5) выявление фактических температурных пределов работоспособности бортовых автоматических систем, электронных блоков и другого бортового оборудования, а также наружных подвижных элементов;

6) отработка рационального (с точки зрения охлаждения) размещения тепловыделяющих и нетепловыделяющих приборов в герметичных контейнерах и исследование их взаимного теплового влияния;

7) ресурсные испытания всех систем в реальных температурных условиях;

8) определение средних теплофизических параметров, таких как эффективные значения температуры, теплоемкости, теплопроводности отдельных участков конструкции, оборудования и отсеков КАС;

9) проверка теоретических методов расчета теплового режима космического аппарата в целом или элементов его конструкции с целью выяснения возможности экстраполяции результатов расчета на условия, отличные от условий проведения эксперимента;

10) исследование температурных деформаций конструкции КА.

Непосредственно к основным задачам испытаний и отработки теплового режима КА примыкают специальные исследования материалов, необходимые для изучения их стабильности во время полета, а также летные эксперименты [1].

Факторами внешних воздействий космического пространства на КАС при орбитальном функционировании являются:

1) вакуум;

2) тепловое солнечное излучение;

3) отраженное Землей солнечное излучение;

4) собственное тепловое излучение Земли;

5) жесткие составляющие электромагнитного излучения (ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-излучение);

6) излучение в далекой инфракрасной области спектра электромагнитных волн и радиоволн;

7) корпускулярное излучение (альфа-частицы, протоны и тяжелые ионы, нейтроны);

8) столкновения с микрометеоритами.

Под влиянием внешних воздействий в элементах КА наблюдаются следующие явления:

1) поглощение, излучение и передача тепла;

2) деформации элементов КА;

3) потеря герметичности;

4) десорбция пленок веществ с поверхности КА;

- 5) диффузия газов из объема материалов к поверхности;
- 6) взаимодействие поверхностей и элементов конструкции с электромагнитным излучением различных длин волн и с потоками частиц;
- 7) явления, связанные с трением поверхностей, включая механическое разрушение поверхностных окисных пленок;
- 8) разложение сложных молекул полимерных материалов на более простые и их испарение с поверхности КА;
- 9) явления, связанные с работой элементов электрических механизмов (наросы на контактных поверхностях от искрения, слипание контактов, повышенный износ, увеличение электрического сопротивления, разрывы электрических цепей и др.);
- 10) изменения физико-химических свойств клеевых соединений и терморегулирующих покрытий.

Для приведенных выше факторов внешних воздействий могут быть выделены области их определяющего влияния на отдельные явления. Вне этих областей влияние данных факторов на рассматриваемое явление оказывается несущественным [2].

Акцентируем для основных факторов существенное влияние их на отдельные явления.

По давлению окружающей среды можно выделить следующие характерные области:

- 1) область вакуума ниже $(0,7...7)10^{-1}$ Па. В этой области заметно влияние на теплообмен между телами всех видов теплопередачи;
- 2) область вакуума $(1,3 \cdot 10^{-4} \dots 1,3 \cdot 10^{-2}) \dots (0,7...7)10^{-1}$ Па, в которой на поверхности Земли отсутствует заметное влияние на теплообмен естественной конвекции;
- 3) область вакуума выше $1,3 \cdot 10^{-4} \dots 1,3 \cdot 10^{-2}$ Па, в которой основное влияние на теплообмен между телами оказывает только радиационная теплопередача;
- 4) область вакуума выше $1,3 \cdot 10^{-8} \dots 1,3 \cdot 10^{-6}$ Па, в которой начинают проявляться десорбция пленок с поверхностей, диффузия газов из глубины материала, «схватывание» прижатых поверхностей и т.д.

В условиях космического пространства, когда практически отсутствуют ускорения силы тяжести, отсутствует и естественный конвективный теплообмен между телами. Кроме того, в негерметических отсеках КА отсутствует также заметное влияние этих условий на теплопередачу молекулярного теплопереноса. Поэтому при моделировании явлений переноса тепла в элементах КА требуется обеспечивать вакуум в экспериментальных установках выше $1,3 \cdot 10^{-4} \dots 1,3 \cdot 10^{-2}$ Па.

При необходимости отработки элементов КАС, существенное влияние на работоспособность которых оказывают поверхностные явления в твердых телах (узлы трения, электрические контакты и другие элементы, работающие в открытом космическом пространстве), давление в камере должно быть не выше $1,3 \cdot 10^{-8} \dots 1,3 \cdot 10^{-6}$ Па.

По спектральному составу электромагнитного излучения, воздействующего на КАС, можно выделить следующие характерные области:

- 1) инфракрасная область излучения (длины волн $0,76 < \lambda < 103$ мкм);
- 2) видимая область спектра ($0,4 < \lambda < 0,76$ мкм);
- 3) ультрафиолетовая область спектра ($5 \cdot 10^{-3} < \lambda < 0,4$ мкм);
- 4) область рентгеновского излучения ($0,1 < \lambda < 5$ нм);
- 5) область гамма-излучения $\lambda < 0,1$ нм.

Видимая область спектра и часть инфракрасной области ($0,4 < \lambda < 40$ мкм) образуют область теплового излучения тел. Именно в этой области длин волн необходима имитация внешних радиационных воздействий при исследованиях теплового состояния КА. Область более коротких длин волн при тепловакуумных испытаниях представляет интерес с точки зрения их воздействия на стабильность оптических и теплофизических характеристик терморегулирующих покрытий и теплоизоляционных материалов [2].

Для сопоставления характеристик КАС и оценки их технического уровня целесообразно выбрать некоторые единые условия по внешним воздействиям, называемые стандартными. В отличие от рабочих условий, в которых КАС должен функционировать, стандартные условия могут и не реализоваться при работе каждого конкретного КАС. Показатели работоспособности КАС могут приводиться к этим условиям для представления их в стандартном виде.

В качестве стандартных выбираются условия на орбите Земли на таком расстоянии от нее, когда тепловым и всеми другими видами ее воздействия можно пренебречь.

Количественно стандартные внешние условия характеризуются следующими параметрами:

- 1) интенсивностью внешнего теплового воздействия 1400 Вт/м^2 (при этом все воздействие направлено от Солнца; интенсивность теплового воздействия всех других источников пренебрежимо мала);
- 2) спектральным составом и параллельностью светового потока, соответствующими солнечному потоку на орбите Земли;
- 3) давлением окружающей среды не выше $10^{-3} \dots 10^{-4}$ Па [2].

Для полного исследования теплового режима КАС достаточно воспроизвести в камере основные факторы космического пространства

(высокий вакуум; солнечное излучение; излучение от планеты; «холод» и «черноту» пространства за пределами телесных углов, занимаемых планетой и Солнцем).

Остальные факторы (корпускулярные и микрометеоритные потоки, ультрафиолетовая радиация и т.д.), оказывающие косвенное влияние на тепловой режим КАСС, можно не учитывать.

Поскольку тепловакуумные испытания занимают значительное место в производстве КАС, то унификация и стандартизация испытательного оборудования, методики проведения ТВИ, разработка научных и технологических основ оптимизации стратегии ТВИ, механизация и автоматизация проведения ТВИ с разработкой автоматизированных стендов, разработка и внедрение методов математического моделирования являются актуальной задачей.

Библиографический список

1. Козлов М.Д., Нусинов М.Д. Моделирование тепловых режимов космического аппарата и окружающей его среды / под ред. акад. Г.И. Петрова. – М.: Машиностроение, 1971. – 382 с.
2. Андрейчук О.Б., Малахов Н.Н. Тепловые испытания космических аппаратов: монография. – М.: Машиностроение, 1982. – 143 с.
3. Евтифьев М.Д. Испытание ракетно-космической техники: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во Сибир. гос. аэрокосм. ун-та, 2005. – 326 с.

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБУВИ В ФОРМАТЕ 3D

Аспирант С.В. Ильюшин

Научные руководители: д-р социол. наук, ректор *В.С. Белгородский*,
канд. техн. наук, доцент *И.И. Довнич*

Московский государственный университет дизайна и технологии

Рассматриваются перспективы использования программ трехмерного моделирования в проектировании обуви. Предлагается новая методика получения развертки боковой поверхности колодки.

Ключевые слова: 3D-графика; развертка; колодка; проектирование обуви.

ALGORITHM FOR DESIGNING THE SHOES IN 3D

Graduate Student S.V. Ilyushin

Scientific advisers: Dr. of Social Science, Professor, rector *V.S. Belgorodskiy*,
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *I.I. Dovich*

Moscow State University of Design and Technology

In this article discusses the prospects of using three-dimensional modeling software to design shoes. A new method of obtaining the sweep side of the pad.

Keywords: 3D-graphics; scan; block; last; design shoes.

Внедрение в обувное производство систем автоматизированного проектирования (САПР) – одна из высокоэффективных мер для ускорения процесса конструкторско-технологической разработки изделия [3]. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, реализация возможностей современных информационных технологий влечет за собой увеличение качества труда, сокращение времени на разработку новой продукции, повышение творческого потенциала сотрудников, а также дает положительный экономический эффект. В настоящее время в обувной промышленности получили распространение программы на основе автоматизированных систем построения чертежей, таких как «АСКО 2Д» [1]. По своей сути эти программы облегчают построение и увеличивают точность чертежных элементов, припусков, осей. Однако основой для работы с ними служит плоский оцифрованный шаблон проектируемой обуви, полученный графоаналитическим способом. Таким образом, нарушается информационно-логическая связь между разверткой и основным исходным объектом проектирования – обувной колодкой. Возникает необходимость связать на информационном уровне данные о поверхности колодки с линиями чертежа модели. Для этого необходимо воспользоваться системами, которые могут обрабатывать данные как в формате плоскости 2D (для работы с чертежом, деталями), так и в 3D-формате для работы с колодкой. Современные программы трехмерного моделирования позволяют связать

два этих пространства и реализовать на их базе универсальную 3D-систему проектирования. При этом появление такого оборудования, как трехмерные лазерные сканеры и установки быстрого прототипирования, позволяют оптимизировать алгоритм работы САПР. Так, лазерный сканер вычисляет облако точек, которое преобразуется в точную геометрическую трехмерную модель сканируемого объекта, но уже в компьютерной среде. Для изготовления изделий по данным компьютерной 3D-модели используют технологию быстрого прототипирования – это «выращивание» образца из полимера методом послойного синтеза. Порядок, при котором данные, полученные при помощи трехмерного сканера, обрабатываются в программах компьютерного моделирования, с последующим изготовлением опытного образца на установках быстрого прототипирования, получил обобщенное название обратного инжиниринга [4]. Рассмотрим алгоритм проектирования обуви и оснастки, включающий обратный инжиниринг и трехмерное моделирование.

Первый шаг – получение трехмерной модели колодки, на базе которой будет осуществляться проектирование обуви. Получив колодку в компьютерной среде при помощи лазерного сканирования, мы можем модифицировать ее форму, используя инструменты программ 3D-моделирования. Опираясь на след и боковую грань полученной колодки, проектируются детали низа. Колодка и макеты деталей низа могут быть изготовлены на оборудовании быстрого прототипирования. Таким образом, на первом этапе мы можем получить модифицированную колодку и подошву в компьютерной среде, а также прототип деталей низа (рис. 1).

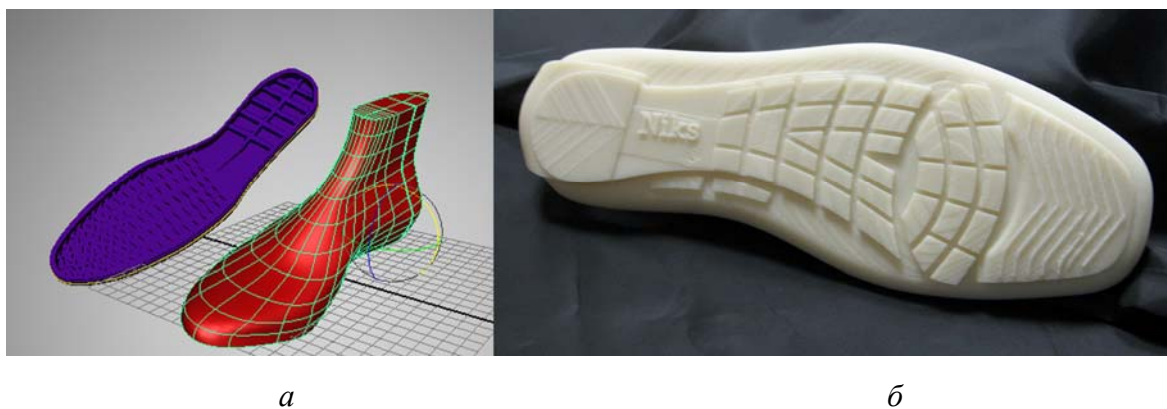


Рис. 1. Колодка и подошва в компьютерной среде 3D (а) и деталь низа, изготовленная на прототипирующем устройстве (б)

Одним из ключевых факторов при построении модели обуви является получение точной развертки боковой поверхности трехмерной колодки. Колодка имеет сложную пространственную форму и содержит вогнуто-выпуклую поверхность, которая теоретически не распластыва-

ется. При работе в 3D-формате предлагается распластывать оболочку принципиально новым методом, используя виртуальное моделирование физико-механических свойств материалов, образующих пакет верха обуви (рис. 2) [2].

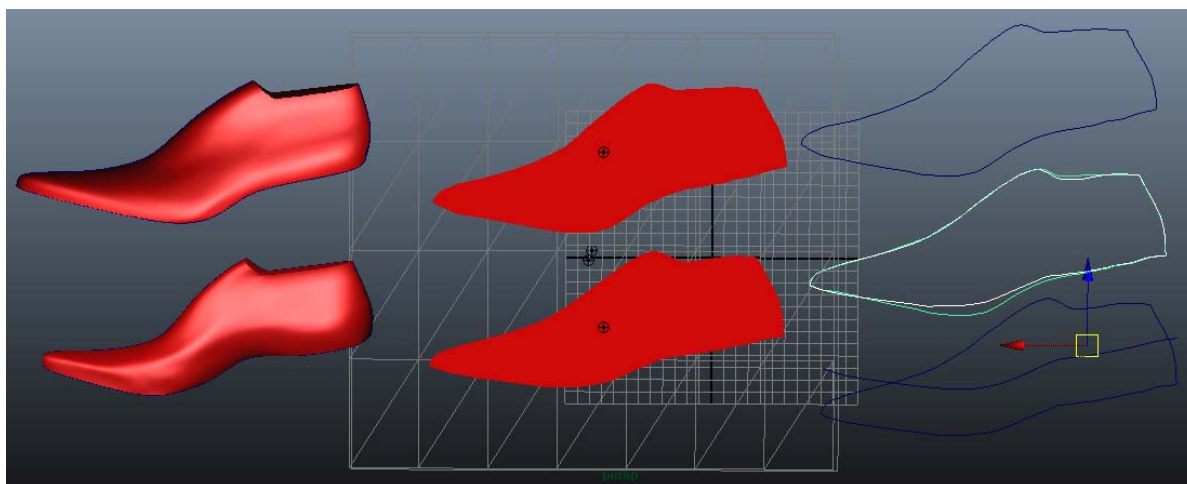


Рис. 2. Боковые поверхности колодки, полученные развертки и их контур

Затем, опираясь на 3D-модель колодки и ее развертку, можно спроектировать различные модели обуви. Построение 3D-модели обуви проходит в интерактивном режиме, позволяя получить фотореалистичный эскиз будущей модели (рис. 3, *а*), на базе которого ведется построение деталей верха (рис. 3, *б*), используя приемы и методы, применяемые в типовом проектировании.

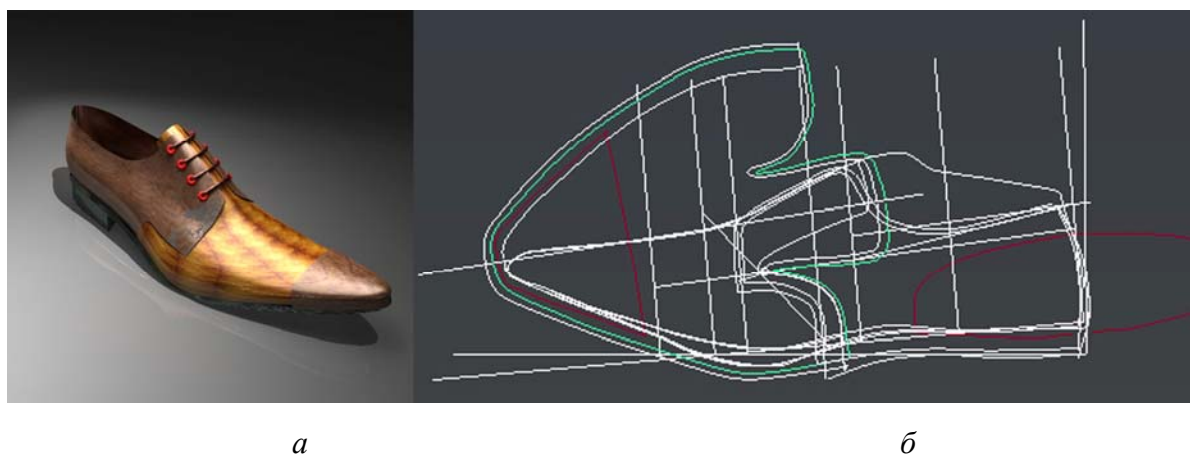


Рис. 3. Фотореалистичный эскиз будущей модели (*а*) и чертеж, построенный на его базе (*б*)

Линии, нанесенные на колодку в трехмерном пространстве, более точно отражают задумку дизайнера, позволяя на ранних стадиях проектирования оценить внешний вид проектируемой модели. Система, в которой ведется проектирование, позволяет вносить корректировки в построенные

детали в диалоговом режиме. Спроектированные детали хранятся в векторной форме, что позволяет изготовить шаблоны на их основе с помощью лазера, принтера или плоттера.

Таким образом, используя 3D-моделирование, можно вести проектирование колодок, деталей верха и низа обуви, а также изготавливать их точные макеты. Внедрение установок лазерного сканирования и прототипирования открывает новые возможности для дизайнеров и модельеров обуви. Именно по этому пути идут ведущие мировые производители не только обуви, но и других технологичных отраслей. В заключение отметим, что применение программ 3D-моделирования позволяет достичь целого ряда преимуществ: сократить сроки разработки и запуска в серию новых моделей, уменьшить сроки изготовления колодок и снизить затраты на их градирование и ручную модификацию; повысить производительность труда дизайнеров и конструкторов; создать электронную базу данных для простой интеграции спроектированных элементов из других проектов; повысить качество и снизить сроки изготовления сложной технологической оснастки для литья деталей низа обуви.

Библиографический список

1. Бекк В.Г. Разработка математического обеспечения процесса проектирования обувной заготовки, формуемой на автоматизированных обтяжно-затяжных машинах: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1989. – 230 с.

2. Ильюшин С.В., Белгородский В.С., Довнич И.И. Способ получения условной развертки поверхности колодки для обуви. Заявка на изобретение № 2013147661 от 25.10.2013.

3. Куликов Д.Д., Яблочников Е.И., Бабанин В.С. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства. Системы проектирования технологических процессов: учебно-метод. пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. – 136 с.

4. Samuelson P., Scotchmer S. The Law and Economics of Reverse Engineering // The Yale Law Journal. – May, 2002. – Vol. 111, No. 7. – 663 p.

МНОГОСЛОЙНЫЙ СИНТАКСИС ДЛЯ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Аспиранты, инженеры-программисты: А.С. Розов, М.М. Сизов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент,
руководитель группы *В.Е. Зюбин*

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск

Специализированные языки программирования находят широкое применение в областях, где требуются высокая надежность создаваемых систем и низкий порог вхождения. При разработке синтаксиса специализированных языков возникает проблема выбора между надежностью и гибкостью получаемого языка. В работе рассматривается процесс построения синтаксиса языка industrial C, позволяющий обойти эту проблему за счет разбиения синтаксиса на несколько слоев.

Ключевые слова: специализированный язык программирования, процесс-ориентированное программирование, промышленная автоматизация, язык Рефлекс, industrial C.

MULTI-LAYERED SYNTAX FOR DOMAIN-SPECIFIC PROGRAMMING LANGUAGES

Graduate Student, software engineer: A.S. Rozov, M.M. Sizov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor,
head of group *V.E. Zyubin*

Institute of automation & electrometry SB RAS, Novosibirsk

Domain-specific programming languages are widely used in areas that require high reliability and maintainability of resulting software. Developing syntax for such languages is complicated by the necessity for maintaining balance between reliability and flexibility. We examine the process of complex syntax development and present a novel layered approach that allows to partially overcome this issue.

Keywords: Domain-specific language, process-oriented programming, industrial automation, Reflex language, industrial C.

Introduction

Most software nowadays is developed using high-level general-purpose programming languages, namely C/C++, Java and the like. While these languages and the underlying object-oriented concepts nicely fit into the majority of tasks that arise in mainstream programming, their use proves vastly inexpedient in a number of specialized areas of application. Efficiently developing and maintaining software in such cases requires use of domain-specific programming languages (DSL) [1].

Domain-specific languages are developed in accordance with area specificity and thus generally help to increase the quality and efficiency of both the resulting software and the development process. Although the topic of DSLs is by no means new and there is a long series of works on their applicability and

general development techniques [2], little attention has so far been paid towards the problems and methods involved in building syntax for textual domain-specific languages.

In this article we investigate the process of creating syntax for a new specialized programming language, analyze the emerging problems and introduce the layered syntax concept aimed to alleviate these problems.

Industrial C

One area that has been actively utilizing various domain-specific languages is industrial and scientific automation. A number of DSLs, both textual and graphical have been developed for this area over the years along with the IEC-61131 international standard for programmable logic controllers (PLC). A relatively new concept now being actively introduced in this area is process-oriented programming (POP), represented mainly by the Reflex language. The hyperprocess concept employed in the language has proven effective over a series of complex industrial automation projects due to its high conformity with the physical systems involved.

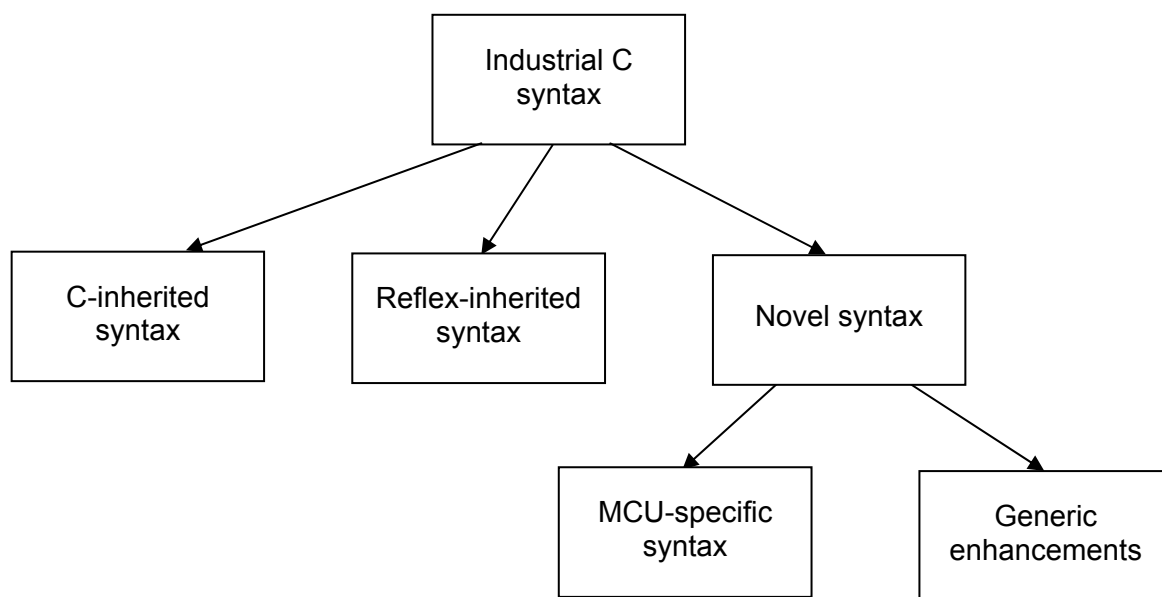


Fig. 1. Industrial C syntax structure

While the recent rapid development in open microcontroller platforms is driving attention to microcontroller (MCU) programming, existing process-oriented languages exhibit little to no compatibility with these devices and their programming principles. To extend the POP concepts onto this new niche a new language named “industrial C” or “iC” is being introduced in [3] and [4]. One of the main requirements to this language is for the syntax to be C-like (Fig. 1. Industrial C syntax structure) which also implies that most of the C language syntax is to be supported. Industrial C also inherits a large portion of

syntax from the Reflex language being effectively its extension, and introduces new syntactic constructs required for MCU integration as well as small tweaks over the existing syntax that improve overall language usability.

Syntax subset extraction problem

Selecting the subset of C syntax to implement in the new language proves to be a complicated issue. While practically all the C syntax is compatible with the rest of the new language, including all of it in our syntax is impractical.

Any new language syntax naturally grows in an iterative manner, starting from a relatively small set of essential constructs and gradually building up new features over time and upon demand. Conversely, implementing the whole C syntax in the first version of our language would greatly delay the translator development without any actual necessity.

Another issue especially important for the automation area is software reliability. Adding features to the language increases its flexibility but at the same time grants the programmer some extra capability for making errors [5]. Furthermore, decreasing chances of error-making during programming is usually one of the main reasons for choosing to use a domain-specific language in the first place. At the same time discarding features and reducing flexibility results in a very limited field of application for the language. In some cases, lack of certain features might encourage the developer to invent unsafe or inefficient ways to achieve the wanted functionality, hence creating extra space for error and further decreasing the reliability.

Multi-layered syntax

The syntax development problems stated above come from the necessity to specify a single set of syntactic constructs to be used for all language applications. While it is impossible to restrict the programmer to a smaller syntax subset without reducing flexibility, a set of guidelines can be provided to instruct them on the more preferable ways to use the language.

One way to provide such guidance is by splitting the language syntax into layers, not unlike abstraction layers used in software libraries and object-oriented frameworks. The top layer in this model would hold only the base syntax, providing the safest and most effective means to system building, with the language taking care of as many issues as possible, while the bottom layer would contain the most advanced syntactic constructs, basically representing bare C programming for the industrial C case (Fig. 2. Layered syntax model for industrial C). That way the developer can choose appropriate syntax levels depending on the task at hand, while being fully aware of the amount of control they leave to the language. Developing the syntax from the upper layer down will also solve the translator versions problem and provide a natural iterative

growth of the language syntax. Implementing only the base constructs first, allows the definitive concepts of the language to be tested with the first versions of translator software and therefore any general changes to the underlying model can be made early in the language development process and at a smaller cost. In our particular case this will also allow to painlessly merge Arduino, AVR or Maple IDE syntax into industrial C.

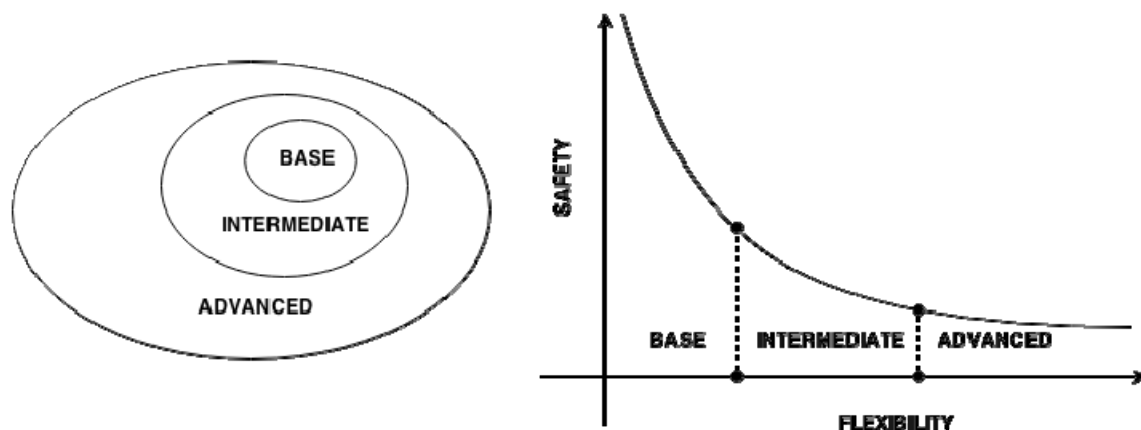


Fig. 2. Layered syntax model for industrial C

With the suggested syntax partitioning technique we can initially select the syntax for the base level only, leaving further layer specification to when more information is available on the language applicability. At this point only those syntactic constructs should be taken that are either absolutely essential for applications in the selected domain or otherwise significantly increase convenience of using the language. To thoroughly review all the syntax of an existing language in a proper systematic manner it is practical to use syntax specifications such as those found in the official language standards. A less comprehensive though much more intuitive approach is to mark out the set of features of the language and rule out blocks of constructs with every discarded feature. Examples of such compound features in the C language include support for static arrays, pointers, functions/subroutines, type casts, structured types, external definitions, etc. Another thing worth noting about C is that its preprocessor syntax comes for free without need for any implementation in the translator, since the preprocessor can be called separately from the rest of the C compiler before the DSL translation.

Conclusions

Developing syntax for a new language is a complicated task, with many factors to consider. One of the main problems with DSL syntax development is the necessity to balance trade-offs between flexibility and reliability. We have shown that this problem can be partially alleviated by organizing syntax into

layers and putting the responsibility for choosing the right layer on programmer. A further work in this direction would involve investigating the applicability of the presented approach on a wider range of DSL development tasks as well as sound criteria for determining the layer-construct mapping.

References

1. Van Deursen, Arie, Paul Klint, and Joost Visser. "Domain-specific languages." Centrum voor Wiskunde en Informatika, 2000.

2. Strembeck, Mark, and Uwe Zdun. "An approach for the systematic development of domain-specific languages." *Software: Practice and Experience* 39.15 (2009): 1253-1292.

3. Rozov A.S., Zyubin V.E. "Process-oriented approach in MCU programming" In proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference, Lorman, MS, USA: Science Book Publishing House, 2013, pp. 279-282.

4. Andrei S. Rozov, Vladimir E. Zyubin "Process-Oriented Programming Language for MCU-Based Automation" 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Krasnoyarsk, 2013.

5. Hecht, Herbert, et al. "Review guidelines on software languages for use in nuclear power plant safety systems. Final report." No. NUREG/CR-6463. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (United States). Div. of Systems Technology; SoHaR, Inc., Beverly Hills, CA (United States), 1996.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА В ПЕРМСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Студенты гр. КОБ-11-1 С.Э. Бондарев, А.А. Поздеев
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.В. Полшков*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассматриваются основные аспекты построения автоматизированной диспетчерской системы в рамках Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Проводится сравнительный анализ двух интегрированных систем безопасности – «Орион» и «Рубеж-08». Описываются их технические возможности. Определена система, которая будет отвечать требованиям, необходимым для внедрения этой системы в ПНИПУ.

Ключевые слова: Автоматизированные системы; интегрированная система безопасности; техническое средство; охранно-пожарная сигнализация.

FEATURES INTRODUCTION OF AUTOMATED SYSTEMS OPERATIONAL CONTROL AND MONITORING IN PERM NATIONAL RESEARCH POLYTECHNIC UNIVERSITY

Students gr. КОБ-11-1 Sergey Bondarev, Anton Pozdeev
Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *A. V. Polshkov*
Perm National Research Polytechnic University

The basic aspects of the computer-aided dispatch system in the Perm National Research University. A comparative analysis of the two integrated security systems – “Orion” and “Rubezh-08”. Describes their technical capabilities. Definition of a system that will meet the requirements necessary for the implementation of the system PNRPU.

Keywords: Automated systems, integrated security, STI, technical means: fire alarm.

Обеспечение безопасности в учреждении – крайне сложная задача. Для решения этой задачи необходимо учитывать множество независимых друг от друга факторов. Увеличение штата охранников и технических средств нередко не дает существенного результата: физически сложно контролировать разрозненную систему технических средств безопасности. Для упрощения и упорядочения этой структуры необходимо построить интеллектуальную интегрированную систему безопасности (ИСБ). Это позволит сократить множественные затраты по внедрению и поддержанию подсистем, что очень важно для организации безопасности, особенно в рамках университета.

При выборе ИСБ должны быть выполнены следующие требования:

- возможность наращивания технических средств охраны (далее – ТСО);
- пульт управления с визуальным интерфейсом;

- оперативное извещение об изменении состояния ТСО;
- возможность создания сценариев работы ТСО;
- невысокая стоимость;
- не требует специального персонала для поддержки системы.

Для построения подобной системы в рамках университета были выбраны продукты компании «Болид» система «Орион» и компании «Сигма-ИС» система «Рубеж-08». Данные системы были выбраны, чтобы провести их сравнительный анализ для рассмотрения их использования в здании университета.

ИСБ представляют собой автоматизированную систему управления, посредством которой обеспечивается управление безопасностью различных объектов. ИСБ обеспечивает защиту от различных угроз. Например, пожар, несанкционированное проникновение в здание и т.д.

Автоматизированная система – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [1].

ИСБ – это иерархическая сетевая структура, элементами которой являются компьютерные сети и контроллеры (локальные сети различного уровня сложности специальных вычислительных устройств).

Описание ИСБ «Орион»

Одним из предметов исследования была ИСБ «Орион». Это объектно-ориентированная система, предназначенная для организации рабочего места дежурного оператора службы охраны и управления работой следующих подсистем: охранная и пожарная сигнализация, контроль доступа, видеонаблюдение, управление пожарной автоматикой, управление инженерными подсистемами [2].

Данная система интегрируется на аппаратном уровне, что позволяет проводить рациональное решение прикладных задач. Один из модулей ИСБ «Орион» – «С2000-ПП» способен реализовать информационный обмен между пультом управления и внешними системами, поддерживающими стандартный протокол Modbus-RTU. С помощью «С2000-ПП» обеспечивается возможность [3]:

- осуществлять мониторинг событий в подсистемах охранной и пожарной сигнализации «ИСО «Орион»;
- запроса состояния зон (разделов) охраны или реле приборов ИСО «Орион»;
- управления взятием зон (разделов) под охрану и снятием с охраны;
- управления включением реле приборов ИСО «Орион»;

– управления режимами прибора управления пожаротушением «С2000-АСПТ».



Рис. 1. Типовой набор устройств ИСБ «Орион»

С2000-КДЛ (рис. 1) непрерывно опрашивает входящие устройства, передавая в центр мониторинга информацию о текущих значениях влажности и температуры, пожарной ситуации, тревогах, а также неисправностях адресных устройств, линий связи и самого контроллера.

Через релейные модули С2000-СП2 контроллер может управлять (автономно, по одной из 37 собственных программ, или по команде из центра мониторинга) различными исполнительными устройствами: светозвуковой сигнализацией, вентиляторами, нагревателями и т.д. Каждый локальный комплекс может иметь собственный алгоритм управления и свой набор исполнительного оборудования. Питание системы осуществляется от резервированного источника 12 В или 24 В [2].

Оператор системы «Орион» работает непосредственно с «Оперативной задачей» системы и должен использовать следующие команды и функции данной программы [1]:

- запуск программы и идентификация оператора;
- смена дежурства;
- постановка на охрану и снятие с охраны зон и разделов;
- обработка тревог;
- запуск сценариев управления;
- управление элементами контроля доступа;
- отображение статистики и регулирование порогов задымленности, запыленности;
- запуск хранителя экрана;
- отключение тревожного звукового оповещения;
- просмотр списка подключенных приборов;
- загрузка информационных карточек;

- просмотр статуса программы;
- переключение между планами помещений;
- получение отчета за смену;
- штатное завершение работы программы.

Описание ИСБ «Рубеж-08»

Прибор «Рубеж-08» интегрирован на аппаратно-программном уровне и служит основой для организации ИСБ (рис. 2) средних и крупных объектов.

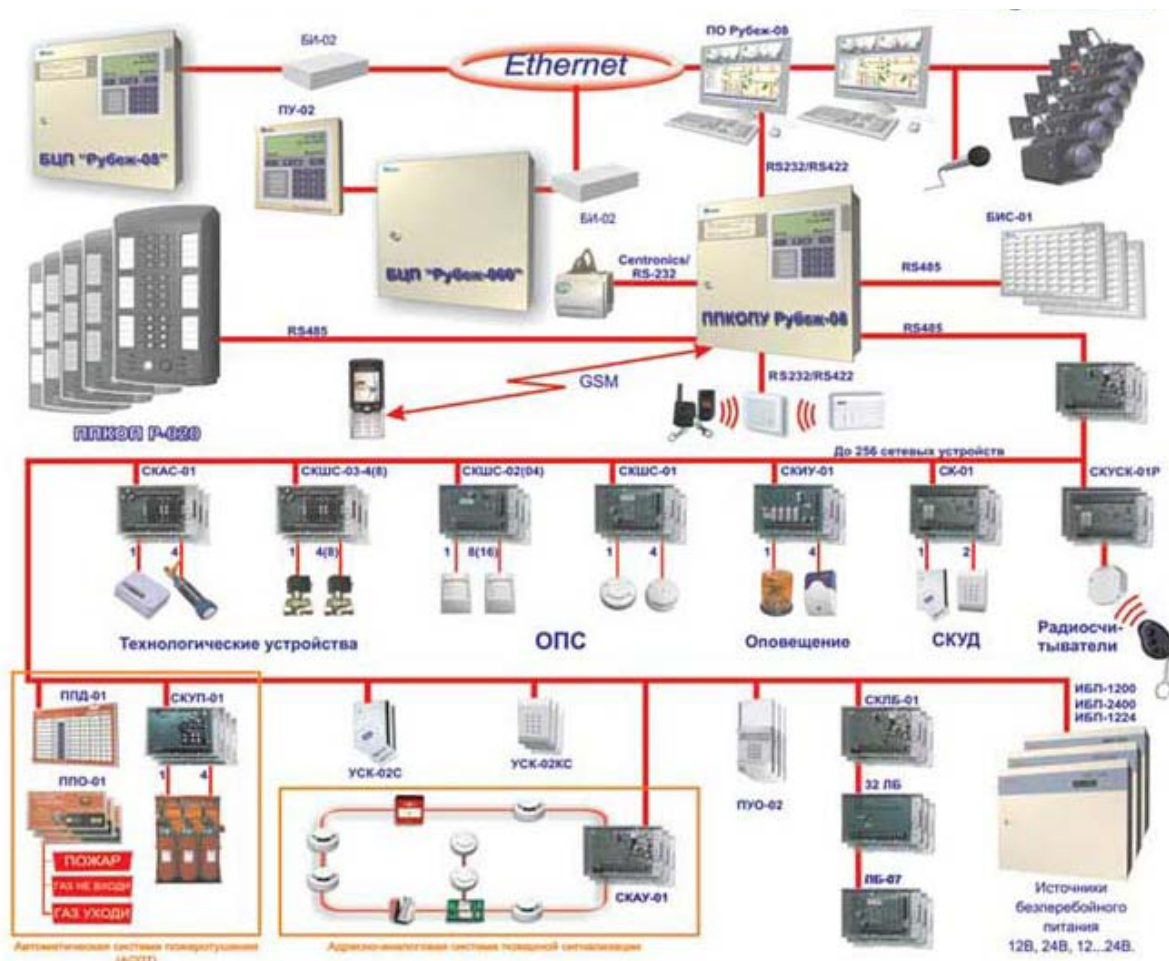


Рис. 2. Типовой набор устройств «Рубеж-08»

ИСБ применяется для организации систем охранной, тревожной и пожарной сигнализации, управления исполнительными устройствами контроля доступа, технологической сигнализации, автоматического пожаротушения. Все указанные системы интегрируются на уровне оборудования и функционируют независимо от наличия ЭВМ, что обеспечивает высокую надежность ИСБ в целом. Независимость данных систем от ЭВМ можно отнести еще к одному преимуществу над ИСБ «Орион». Компьютер в ИСБ «Рубеж 08» используется для интеграции с телевизионной системой наблюдения, создания нескольких автоматизированных рабочих мест (АРМ), удобства работы с ИСБ, передачи информации о работе системы по различным каналам (GSM, e-mail).

ИСБ «Рубеж-08» обширна в применении, так как она позволяет реализовать на объекте [4]:

- систему охранной и тревожной сигнализации;
- систему пожарной сигнализации и систему управления пожаротушением и противопожарной автоматикой;
- систему контроля и управления доступом (СКУД);
- систему контроля технологического оборудования;
- систему управления исполнительными устройствами (пожаротушения, СКУД, газового, водяного, электроснабжения, электроприводов и т.д.);
- систему охранного телевидения (СОТ);
- систему синхронизированной цифровой видео- и аудиорегистрации;
- систему фотоидентификации;
- систему передачи оповещений (SMS, e-mail);
- систему учета рабочего времени и бюро пропусков;
- систему организации закрытых каналов связи для проведения конфиденциальных телефонных переговоров;
- систему шумоочистки аудиоданных.

Многофункциональность ИСБ «Рубеж-08» позволяет решать задачи охраны объектов любой сложности и любого масштаба. Высокая гибкость конфигурирования прибора достигается за счет использования мощного встроенного языка программирования «Рубеж Скрипт», который позволяет программировать взаимодействие компонентов ИСБ даже при отсутствии компьютера. Наличие двух адресных линий для подключения периферийных блоков позволяет более гибко строить архитектуру системы.

Заключение. Система «Рубеж-08» позволяет эффективно и экономично производить модернизацию существующего оборудования путем поэтапной замены и наращивания системы новыми блоками, что является очень важным для построения ИСБ в университете с уже существующими техническими средствами защиты.

Библиографический список

1. ГОСТ 34.003. Автоматизированные системы. Термины и определения.
2. Автоматизированное рабочее место оператора «Орион». Руководство оператора [Электронный ресурс]. – URL: http://bolid.ru/files/373/566/orion_ro.pdf (дата обращения: 13.11.2013).
3. Горяченков М.С. Задача дистанционного мониторинга и управления группой распределенных аппаратных объектов // «Bolid» Системы безопасности. – URL: http://bolid.ru/support/articles/articles_13.html
4. Интегрированные системы безопасности [Электронный ресурс] // «СИГМА-ИС» Комплексные системы безопасности. – URL: <http://www.sigma-is.ru/integration.html> (дата обращения: 20.11.2013).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПО ПЛАНИРОВАНИЮ ЗАКУПКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Студенка гр. АСУ-12-3м Я.С. Калашникова

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

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Представлено построение статистической модели краткосрочного прогноза использования материалов в зависимости от данных предыдущих периодов и заданных внешних (экономических) показателей, а также возможность использования множественного регрессионного анализа для построения модели краткосрочного прогноза.

Ключевые слова: краткосрочный прогноз; регрессия; метод экспоненциального сглаживания; метод наименьших квадратов; регрессионный анализ; адекватность модели.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SHORT-TERM PROGNOSIS OF PLANNING THE PURCHASE OF SHEET MATERIAL

Undergraduate Student gr. ASU-12-3m Y.S. Kalashnikova

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *R.T. Murzakaev*

Perm National Research Polytechnic University

The article presents the statistical models scheme of short-term prognosis of the use of materials, depending on the data of previous periods and the specified external (economic results, as well as the possibility of using the multiple regression analysis for building a model of short-term prognosis.

Keywords: short-term forecast; regression; method of exponential smoothing; least squares method; regression analysis; model adequacy.

Практически каждое предприятие, большое или малое, частное или государственное явно или неявно пользуется прогнозами, потому что каждое предприятие должно планировать будущее, о котором оно пока ничего не знает. К тому же необходимость в прогнозах пронизывает все функциональные линии так же, как и все типы организаций. Прогнозы необходимы в финансировании, маркетинге, подборе кадров и различных производственных областях, в правительственных и коммерческих организациях, в маленьких социальных клубах и национальных политических партиях [1].

В нашем случае необходимо построить статическую модель краткосрочного прогноза по планированию закупки листового материала в зависимости от данных предыдущих периодов и заданных внешних (экономических) показателей. Для построения адекватной модели прогноза необходимо провести анализ существующих методов статического прогнозирования.

Пусть имеются данные по расходу материалов (M2) за 6 кварталов. Необходимо построить краткосрочный прогноз расхода этих материалов на следующие кварталы и связать его с определенными экономическими показателями. В качестве таковых выберем ВВП в текущих ценах (млрд руб.), индекс производства сельхозпродукции к предыдущему году, курс доллара и индекс выпуска базовых товаров и услуг. В качестве контрольных данных возьмем расход материалов 2-го квартала 2012 года.

Таблица 1

Расчетные данные

№ п/п	Наименование, размер	I кв 2011	II кв 2011	III кв 2011	IV кв 2011	I кв 2012	II кв 2012
Лист 12X18H10T г. 5582-75, г. 19904-90							
1	1×1000×2000	35	19	68	23	17	8
	Сглаженные данные	35	19	21	23	17	8

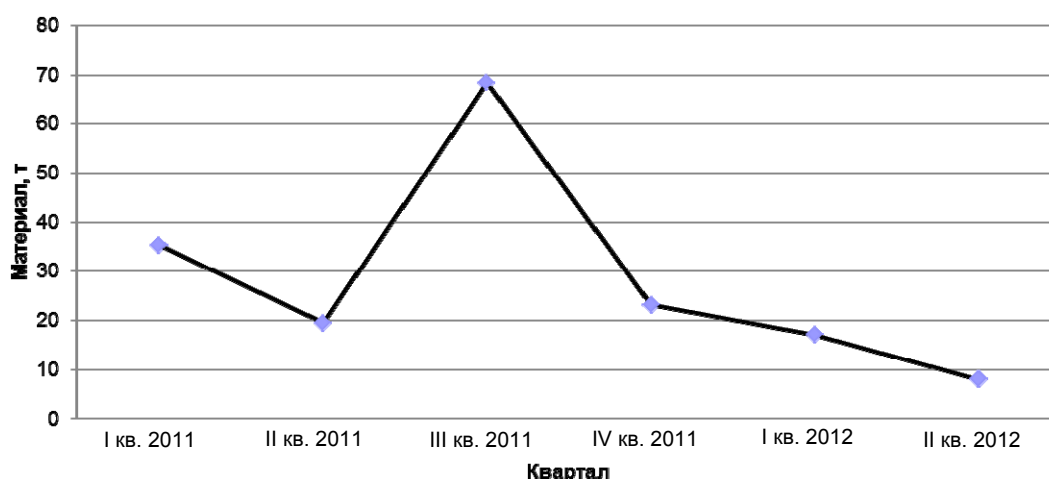


Рис. 1. Данные по закупке листового материала: —♦— – M2

Предварительный анализ данных свидетельствует о том, что есть точка резкого скачка – 3-й квартал 2011 года (рис. 1), которую можно сгладить средним значением соседних годов. Также можно выделить точку смены тенденции – 4-й квартал 2011 года и рассчитать прогноз по данным, оставшимся после нее. Но в данном случае доверие к такому прогнозу будет крайне мало, поскольку проводиться он будет только по двум наблюдениям. В табл. 1 и на рис. 2 приведены сглаженные результаты для материала M2.

По исходным и сглаженным данным были произведены расчеты краткосрочного прогноза на 3-й квартал 2012 года по следующим методам.

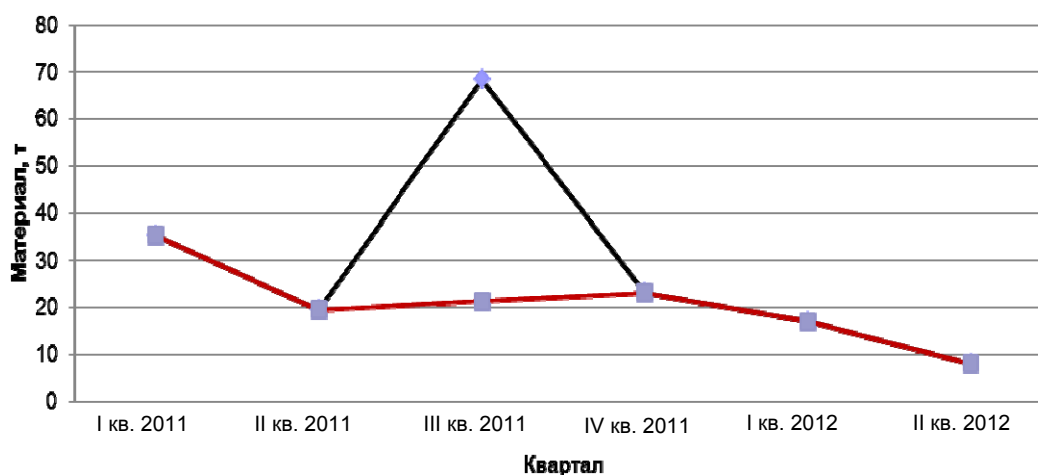


Рис. 2. Данные по закупке листового материала: —▲— — М2, —■— — сглаженные

Метод экспоненциального сглаживания. При экспоненциальном сглаживании учитываются все предшествующие наблюдения – предыдущее учитывается с максимальным весом, предшествующее ему – с несколько меньшим, самое раннее наблюдение влияет на результат с минимальным статистическим весом:

- с коэффициентом сглаживания 0,1;
- с коэффициентом сглаживания 0,2;
- с коэффициентом сглаживания 0,3.

Метод МНК. Это один из базовых методов регрессионного анализа для оценки неизвестных параметров регрессионных моделей по выборочным данным. Метод основан на минимизации суммы квадратов остатков регрессии:

- для линейной;
- показательной;
- степенной регрессии.

Регрессионный анализ – статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных X_1, X_2, \dots, X_p на зависимую переменную Y . Независимые переменные иначе называют регрессорами или предикторами, а зависимые переменные – критериальными. Терминология зависимых и независимых переменных отражает лишь математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные отношения [2].

Методом линейного регрессионного анализа выявим парные связи между данными расходов материалов и выбранными экономическими показателями.

Методом множественного регрессионного анализа выявим взаимосвязи между расходом материала и выбранными экономическими показателями. Каждый метод проходит проверку модели на адекватность данных по некоторым критериям:

1. **Множественный R** – это модифицированный показатель коэффициента детерминации, используется для моделей с несколькими факторами и выражает степень зависимости независимых переменных X и зависимой переменной Y . В простом линейном регрессионном анализе множественный R равен коэффициенту корреляции, так как фактор всего один. В нашем случае близость данного параметра к 1 означает высокую взаимосвязь данных.

2. **Величина R -квадрат**, называемая также мерой определенности, характеризует качество полученной регрессионной прямой. Это качество выражается степенью соответствия между исходными данными и регрессионной моделью (расчетными данными). Мера определенности всегда находится в пределах интервала $[0; 1]$. Чем ближе данный параметр к 1, тем качественнее соответствие.

3. Особое значение для регрессионного анализа играет значимость переменных, включенных в модель. Значимость проверяется по показателям t -статистика и F -значение Фишера для всей модели.

F -критерий Фишера – это критерий для оценки значимости различия дисперсий двух случайных выборок. Для этого вычисляется F -статистика, $F = D_1/D_2$, где D_1 – большая дисперсия, D_2 – меньшая дисперсия. Если расчетное значение f -критерия больше, чем табличное значение по критерию Фишера, то модель значима, и наоборот.

T -статистика позволяет проверить значимость отдельных переменных моделей: например, если мы решили включить в нашу модель помимо трех объясняющих факторов еще 99, то мы можем получить совсем точный прогноз. Но само по себе включение все новых и новых объясняющих факторов не особенно улучшает прогноз – эти переменные должны быть еще и значимы. Это тоже очень часто упускается из анализа данных [3, 4]. T -статистика определяется в зависимости от числа степеней свободы уравнения и уровня значимости уравнения. Степень свободы – это число наблюдений выборки минус два (в нашем случае наблюдений 6, степеней получается 4). Если расчетное значение t -статистики больше, чем табличное значение по критерию Стьюдента, то модель значима, и наоборот.

Число степеней свободы – $df(6)$, а p – уровень значимости (в нашем случае примем 0,05, т.е. задаем достоверность 95 %). Находим пересечение df и p – получаем значение t -статистики в 2,776. Теперь можно провести качественный анализ моделей: если какая-то переменная

имеет t-статистику меньше этого показателя (по модулю), то этот фактор не значим и может быть исключен из модели.

Когда все статистические характеристики удовлетворяют (не удовлетворяют) предъявляемым к ним критериям, считается, что линейная модель множественной регрессии пригодна (не пригодна) для прогнозирования закупки материала в зависимости от критериев.

Вычислим **среднюю относительную ошибку** аппроксимации:

$$E_{\text{отн.ср}} = 100 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\varepsilon_i}{y_i} \right|. \quad (1)$$

Построенная линейная модель множественной регрессии имеет удовлетворительную точность, если $E_{\text{отн.ср}} < 15\%$, то ее рекомендуется использовать для анализа и прогнозирования и, наоборот, если $E_{\text{отн.ср}} > 15\%$, то прогноз будет недостоверный [5].

Представим таблицу с предсказанными данными по ранее перечисленным методам (табл. 2).

Таблица 2

Результаты прогнозирования

Метод	Коэффициенты	M2, т	Точность M2, %
Экспоненциальный	0,1	31,35	55,03
	0,2	27,47	50,5
	0,3	23,75	45,09
Экспоненциальный со сглаживанием	0,1	27,93	76,53
	0,2	22,66	79,6
	0,3	18,92	82,3
Наименьших квадратов	Линейная	9,62	71,2
	Со сглаживанием	6,48	94,9
	Показательная	9,47	89,8
	Со сглаживанием	8,75	98,1
	Степенная	13,96	87,2
	Со сглаживанием	11,47	97,2
			Точность относительно экономических показателей, %
Регрессионный анализ	ВВП	27,54	48,7
	Курс \$	13,59	60,9
	Сельхозпродукция	24,92	83,8
	Выпуск товаров и услуг	33,51	45,7
	Все эконом показатели	19,55	98,7

Наилучший результат прогнозирования на 3-й квартал 2012 г. для материала M2 показал регрессионный анализ с 4 экономическими показателями, равный 98,7 %, – требуемое количество материала 19,55 т.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

– на выбор модели для построения прогноза значительное влияние оказывает вид исходных данных. Если выборка имеет единичные точечные скачки, то для лучшего построения модели их следует сглаживать средними значениями соседних точек;

– если выборка вся ведет себя скачкообразно (нельзя выделить тенденцию подъема или спада), то прогноз по таким данным крайне затруднителен. В этом случае необходимо использование регрессионного анализа при условии, что будут найдены устойчивая связь и адекватная надежная модель, отражающая поведение исследуемых данных на основе какого-либо одного или нескольких экономических показателей;

– в случае выявления такой модели поведения возможно использование прогнозов аналитиков в других смежных областях экономики (ВВП, индексы производства и курс доллара и пр.);

– если выборка имеет точку смены тенденции, то для построения регрессионных моделей необходима процедура редуцирования, заключающаяся в рассмотрении данных, начиная со следующей точки после смены тенденции. Если смена тенденции произошла близко к последним значениям выборки, то такой прогноз будет иметь низкий уровень доверия;

– экспоненциальное сглаживание дает хорошие результаты на «колеблющихся» данных. В зависимости от периода колебаний выбирается коэффициент сглаживания: чем больше временной период, тем меньше коэффициент;

– колебания исходных данных чаще всего встречаются в сезонных изменениях. Итоговые годовые значения сезонным колебаниям практически не подвержены. Поэтому ситуация с «колеблющимися» выборками при оценке годовых показателей маловероятна;

– работоспособность регрессионных моделей во многом зависит от вида данных: устойчивая тенденция с постоянным ускорением хорошо описывается линейной регрессионной моделью, устойчивая тенденция с возрастающим ускорением лучше описывается показательной или степенной моделью, в зависимости от того, возрастают значения данных или идут на спад;

– регрессионный анализ достоверен при построении прогноза в случае, когда найдена адекватная надежная модель взаимосвязи заданных экономических показателей и расхода материалов.

Библиографический список

1. Статистическое моделирование и прогнозировании / Г.М. Гамбаров, Н.М. Журавель, Ю.Г. Королев [и др.]; под ред. А.Г. Гранберга. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 340 с.
2. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. – М.: Мир, 1980. – 456 с.
3. Файзрахманов Р.А., Архипов А.В. Разработка моделей и инструментальных средств поддержки принятия решений по планированию производственных программ предприятий. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010.
4. Файзрахманов Р.А., Скирюк О.С. Разработка комплексных моделей формирования оптимальной производственной программы в условиях полной неопределенности спроса // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2012. – № 6.
5. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ОТКАЗАМ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Аспирант С.Л. Пегушин

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

Техническое обслуживание является основным и решающим профилактическим мероприятием, необходимым для обеспечения надежной работы оборудования системы автоматической противоаварийной защиты между плановыми ремонтами и сокращения общего объема ремонтных работ.

Ключевые слова: нефтепереработка, производственный процесс, автоматизированная система управления, надежность, причины и последствия отказов, анализ.

APPLICATION OF COMMON DATABASE FAILURES FOR CONTINUOUS MONITORING AND ANALYSIS MAINTENANCE OF AUTOMATIC CRASH PROTECTION

Graduate Student S.L. Pegushin

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *A.G. Shumikhin*
Perm National Research Polytechnic University

Maintenance is a major and crucial preventive measure necessary to ensure reliable operation of the automatic crash protection between scheduled repairs and reduce the total amount of repair work.

Keywords: oil refining, production process, automated control system, reliability, causes and consequences of failures analysis.

Качество технического обслуживания напрямую зависит от числа отказов оборудования. Анализ отказов позволяет вносить объективные и корректные изменения в регламент технического обслуживания для снижения их количества и повышения безотказной работы системы автоматической противоаварийной защиты (ПАЗ) в целом. Применяя единую базу данных по отказам на платформе PDM-системы, есть возможность непрерывно проводить анализ работы элементов комплекса автоматической ПАЗ. Процесс ведения единой базы данных по отказам в виде IDEF-диаграммы представлен на рисунке.

Единая база данных по отказам позволяет сравнить проектные и эксплуатационные показатели надежности по методикам, представленным в работах [1, 2], провести анализ причин и последствий отказов, что в свою очередь, позволит разработать комплекс мероприятий по предотвращению появления неисправности вновь, выработать изменения норм

технологического регламента, сформировать при необходимости замечания к проектной документации.

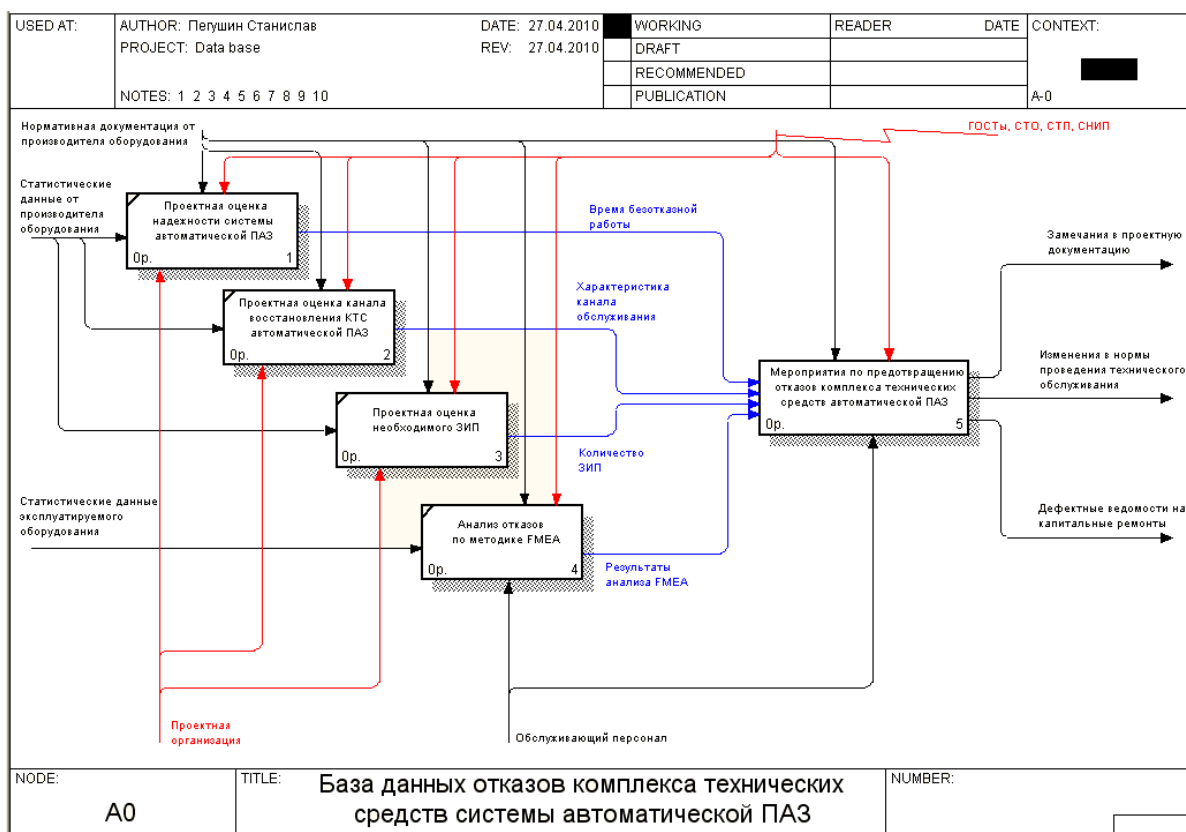


Рис. IDEF-диаграмма ведения единой базы данных по отказам

Для детального анализа каждого отказа и выработки мероприятий по устранению возможно использовать FMEA-методологию (анализ причин и последствий отказов) [3]. Ниже приведен пример таблицы FMEA (таблица).

Пример таблицы FMEA

Вид оборудования	Вид потенциального отказа	Последствия отказа	Значимость отказа	Потенциальные причины отказа	Возникновение отказа	Меры по обнаружению отказа	Обнаружение отказа	Рекомендательные меры	Параметр риска потребителя
Отказ датчика температуры	Неисправность чувствительного элемента измерения	Отсутствие данных на мониторе оператора	4	Обрыв термопары, термометра сопротивления	2	Визуальный осмотр термопары, прозвонка термопары, измерение сопротивления	1	Изучение причины обрыва. Возможно, причины обрыва связаны с монтажными работами на технологическом объекте	8
Отказ датчика температуры	Неисправность HART преобразователя	Отсутствие данных на мониторе оператора	10	Отказ преобразователя	3	Визуальный осмотр, диагностика HART-коммуникатором или AMS	2	Наличие ЗИП	60

FMEA-методология позволяет в наглядной форме проанализировать причины отказа и последствия от его возникновения, выработать рекомендации для регламента технического обслуживания.

В результате применения единой базы по отказам возможно добиться непрерывного мониторинга и анализа технического обслуживания, что приведет к увеличению времени безотказной работы оборудования автоматической противоаварийной защиты.

Библиографический список

1. Пегушин С.Л., Шумихин А.Г. Планирование технического обслуживания автоматических систем противоаварийной защиты производственных объектов с учетом оценки надежности и ремонтпригодности // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2012. – № 14. – С. 13–21.

2. Пегушин С.Л., Шумихин А.Г. Оценка и повышение надежности автоматических систем противоаварийной защиты нефтеперерабатывающих производств // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 5. – № 3. – С. 45–49.

3. Пегушин С.Л., Шумихин А.Г. Анализ причин и последствий отказов систем автоматизации в условиях эксплуатации на нефтеперерабатывающих предприятиях с применением единой базы эксплуатационных данных // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 9. – № 1. – С. 3–7.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОНКОГО ВОЛОЧЕНИЯ

Студент гр. ДПМ-13м А.В. Порубов

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

Одной из наиболее широко используемых технологических операций обработки материалов давлением является волочение. Технологическим инструментом при волочении является алмазный волочильный инструмент, который широко применяется при производстве проволоки из труднодеформируемых металлов и сплавов и особенно проволоки малых диаметров (менее 1 мм). Актуальной задачей является обеспечение длительного срока службы технологического инструмента, а именно дорогостоящих алмазных фильер, что позволяет значительно повысить экономичность производства проволоки.

Оценка прочности технологического инструмента проведена численным моделированием напряженно-деформированного состояния алмазного волочильного инструмента в конечно-элементном пакете Ansys.

Проведены расчеты деформированного и напряженного состояния алмазного волочильного инструмента при волочении медной и никелированной проволоки с учетом рабочего давления и усилия запрессовки. По результатам расчета деформаций и напряжений дана оценка прочности алмазной волоки для рассматриваемых технологических схем.

Ключевые слова: алмазный фильер, производство проволоки, алмазный волочильный инструмент.

NUMERICAL SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF TECHNOLOGICAL TOOLS FOR FINE DRAWING

Student of group DPM-13m A.V. Porubov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *T.E. Melnikova*
Perm National Research Polytechnic University

One of the most widely used manufacturing operations material processing pressure is drawing. Technological tool at drawing is etsya diamond – drawing tools, which is widely used in the production of pro- dies from hard metals and alloys, and particularly small diameter wire trench (less than 1 mm). Urgent task is to ensure the long life of the technological tool, namely the expensive diamond dies, which allows significantly improve the efficiency of production of wire .

Evaluation of the strength of technological tool Numerical modeling rd stress-strain state of the diamond in the drawing tool is finite-element package Ansys.

Calculations of strain and stress state of the diamond fibers chilnogo tool when drawing copper and nickel-plated wire, taking into account the operating pressure and force fitting. On the calculation of strains and stresses evaluated the strength of the diamond dies for consideration of technological schemes.

Keywords: diamond dies, the production of wire, diamond wire drawing tool.

Большое значение в развитии и совершенствовании промышленного производства имеет автоматизация производственных процессов, позволяющая повысить точность и скорость обработки металлов. Обработка

металлов давлением отличается высокой производительностью и экономным расходом металла по сравнению с литьем и механической обработкой и, кроме того, улучшает механические свойства литого металла. Численное моделирование процессов обработки металлов давлением позволяет оптимизировать технологические параметры с целью получения изделий высокой точности и улучшенного качества, основываясь на прогнозировании поврежденности технологического инструмента. Одной из наиболее широко используемых технологических операций обработки материалов давлением является волочение. Алмазный волочильный инструмент широко применяется при производстве проволоки из труднодеформируемых металлов и сплавов и особенно проволоки малых диаметров (менее 1 мм).

Исследовано напряженное состояние алмазного волочильного инструмента, включающего кристалл алмаза (фильеру), запрессованный в бронзовый капсюль, который в свою очередь запрессован в латунную обойму. Размеры конструктивных элементов алмазного волочильного инструмента приняты в соответствии с действующими технологическими стандартами.

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние алмазного волочильного инструмента для производства проволоки диаметром 0,12 мм из заготовки диаметром 0,26 мм по маршруту 0,26–0,246–0,227–0,210–0,194–0,179–0,165–0,152–0,140–0,129–0,120 мм. Принято, что смазка, используемая в волочильном инструменте, маловязкая 2–2,6%-ная мыльная эмульсия, обеспечивающая граничный режим трения при волочении. Используемый алмаз – изотропное тело с модулем упругости $E = 1050$ ГПа при температуре 20°C и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,215$, так как при тонком волочении применяются в основном волокна из синтетического алмазного сырья, например баллас марки АСБ.

Ввиду малости зоны деформации среднее давление на инструмент при волочении считалось постоянным и принималось для медной проволоки равным 400 МПа, для никелированной – 900 МПа; коэффициент трения в зоне деформации задавался равным 0,04; угол конусности волочильного отверстия – 6° . В расчетах учтены следующие характеристики материалов элементов технологического инструмента: бронзовый капсюль БРАЖН10-4-4л: $E = 115\ 000$ МПа $\nu = 0,4$; латунная обойма ЛС-59-1л $E = 93\ 000$ МПа $\nu = 0,4$. Расчеты проведены для инструмента с высотой кристалла алмаза $h = 1,9$ мм.

Усилие запрессовки капсюля в обойму рассчитано от величины заданного натяга.

На рис. 1 представлена схема алмазного волочильного инструмента.

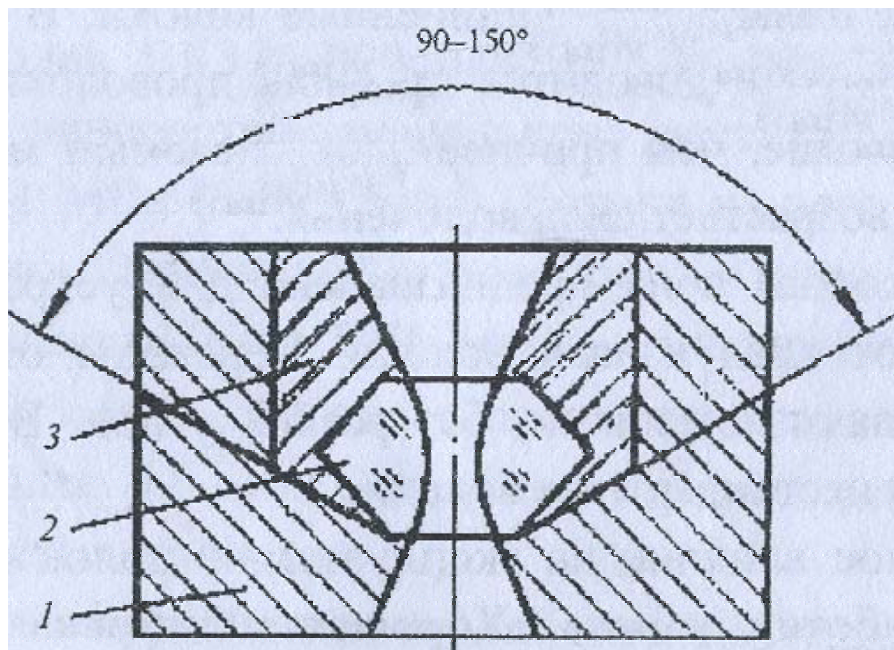


Рис. 1. Алмазный волочильный инструмент:
1 – обойма; 2 – алмазный кристалл; 3 – капсуль

Решена осесимметричная задача теории упругости. Расчетная схема учитывала влияние на напряженно-деформированное состояние алмазного волочильного инструмента силовых факторов и режима трения при волочении проволоки.

Численное моделирование алмазного волочильного инструмента и расчеты деформированного и напряженного состояния алмазного волочильного инструмента при волочении медной и никелированной проволоки с учетом рабочего давления и усилия запрессовки реализованы в пакете Ansys. Численное моделирование процесса тонкого и тончайшего волочения основано на теоретических разработках и исследованиях [1, 2], полученных в этой области обработки металлов давлением.

Получена схема конечно-элементного алмазного волочильного инструмента с учетом осевой симметрии конструкции и прилагаемой нагрузки. В качестве конечного элемента был выбран двухмерный треугольный элемент с промежуточным узлом на грани объемного напряженно-деформированного состояния с восемью узлами PLANE183, так как он может использоваться для моделирования осесимметричного напряженного состояния.

Построенная численная модель напряженно-деформированного состояния алмазного волочильного инструмента использована при анализе рациональных технологических параметров при волочении тонкой

и тончайшей проволоки с учетом условий трения и граничных условий по перемещениям границ и действующих на них напряжений. При этом рассчитано распределение перемещений, деформаций и напряжений по объему алмазного волоочильного инструмента в зависимости от технологических параметров процесса. В качестве примера полученных результатов на рис. 2 представлены картины распределения деформаций по сечению алмазного волоочильного инструмента при волочении никелированной проволоки с учетом усилия запрессовки 129 МПа.

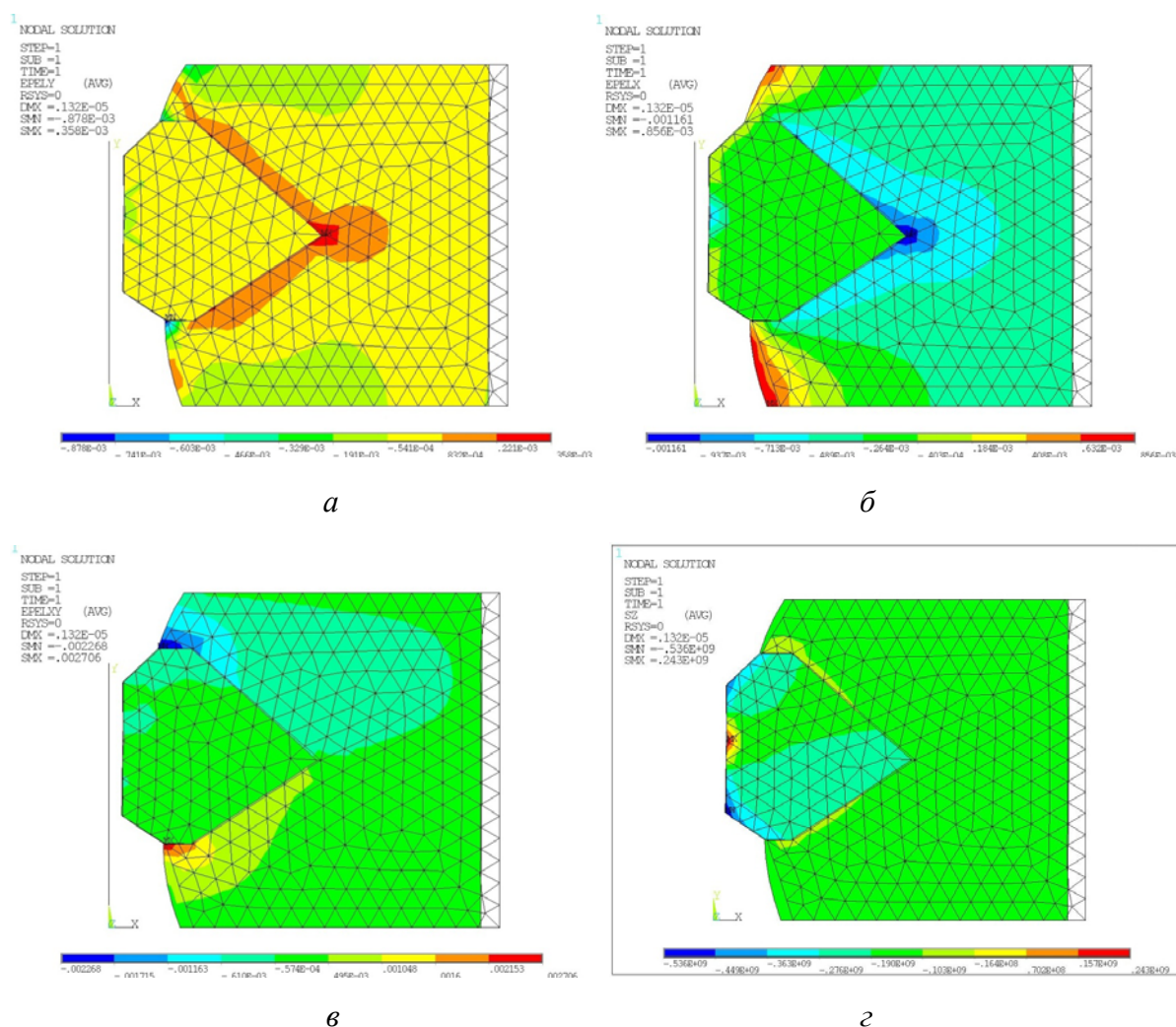


Рис. 2. Распределение деформаций при волочении никелированной проволоки через алмазный волоочильный инструмент с учетом усилия запрессовки 129 МПа: *а* – осевые, *б* – радиальные, *в* – сдвиговые, *г* – окружные деформации.

Получены также картины распределения осевых, радиальных, окружных и сдвиговых напряжений по сечению инструмента при анализе исследуемого технологического процесса. Оценка прочности инструмента в целом проведена при анализе распределения эквивалентных напряжений по теории Мизеса.

Результаты работы показали, что в объеме технологического инструмента имеются области, где наблюдается повышенный уровень деформаций, следовательно, и напряжений, что впоследствии может привести к расколу кристалла алмаза (фильеры).

Численное моделирование напряженного состояния алмазного волоочильного инструмента по сравнению с экспериментальным анализом позволяет подробно исследовать напряженное состояние технологического инструмента, прогнозировать возможность образования микроповреждений кристалла алмаза, корректировать технологические условия процесса волочения с учетом исключения образования микродефектов в материале инструмента, обеспечения точности геометрических размеров волоочильного канала инструмента и высокого качества получаемого изделия.

Библиографический список

1. Механика пластического деформирования трансверсально-изотропных композиционных сверхпроводниковых материалов / Г.Л. Колмогоров, В.Н. Трофимов [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. 2011. – 217 с.

2. Мельникова Т.Е, Колмогоров Г.Л. Напряженное состояние алмазной волоки // Сверхтвердые материалы. – М., 1990. – № 5. – С. 45–49.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПЕНОБЕТОНА

Ассистент С.И. Сташков

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *П.Ю. Сокольчик*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Приведены результаты построения регрессионных и нейросетевых моделей для управления качеством пенобетонных блоков. Представлены результаты исследования адекватности разработанных моделей и возможности их применения на производстве.

Ключевые слова: качество продукции, управление качеством, прогноз качества, гетерогенная композиция, моделирование, бетоны.

BUILDING MODELS FOR FOAM CONCRETE QUALITY MANAGEMENT

Assistant Lecturer S.I. Stashkov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *P.Yu. Sokol'chik*
Perm National Research Polytechnic University

The results of regression and neural network models building for foam concrete's blocks quality management are shown in this study. The results of research of adequacy of developed models and possibility of their application in the industry are represented.

Keywords: Quality of product, quality management, quality prediction, heterogeneous composition, modeling, concrete.

В химической, нефтяной, нефтеперерабатывающей и многих других отраслях промышленности ассортимент большого числа видов продукции образуется путем смешения некоторых исходных компонентов для получения гомогенизированного продукта заданного состава [5]. Путем смешения исходных компонентов получают также и пенобетон [1].

При производстве цементов, тампонажных смесей, бетонов существуют как задачи подбора рецептур, так и задачи управления показателями качества и технологическими параметрами. В некоторых случаях эти задачи можно решать с помощью модельных зависимостей, связывающих состав, показатели качества и технологические параметры. Так, задача подбора рецептуры будет являться прямой задачей, а задача подбора технологических параметров – обратной.

Рассмотрим в качестве примера построение как прямой, так и обратной модели для производства пенобетона.

Пример структурной схемы технологического процесса приготовления пенобетонных изделий представлен на рис. 1 [1, 4].

Входными переменными технологического процесса производства пенобетонных блоков являются некоторые характеристики таких исходных компонентов смеси, как шлам, известь, вяжущее и цемент. Рассмотрим некоторые из них: x_1 – активность известково-песчаного вяжущего ($\text{CaO} + \text{MgO}$), %; x_2 – время гашения известково-песчаного вяжущего, с; x_3 – удельная поверхность известково-песчаного вяжущего, $\text{см}^2/\text{г}$; x_4 – содержание песка в известково-песчаном вяжущем, %; x_5 – содержание в смеси шлама, %; x_6 – содержание в смеси цемента, %; x_7 – содержание в смеси извести, %; x_8 – содержание в смеси алюминиевой пудры, %; x_9 – содержание в смеси воды, %.

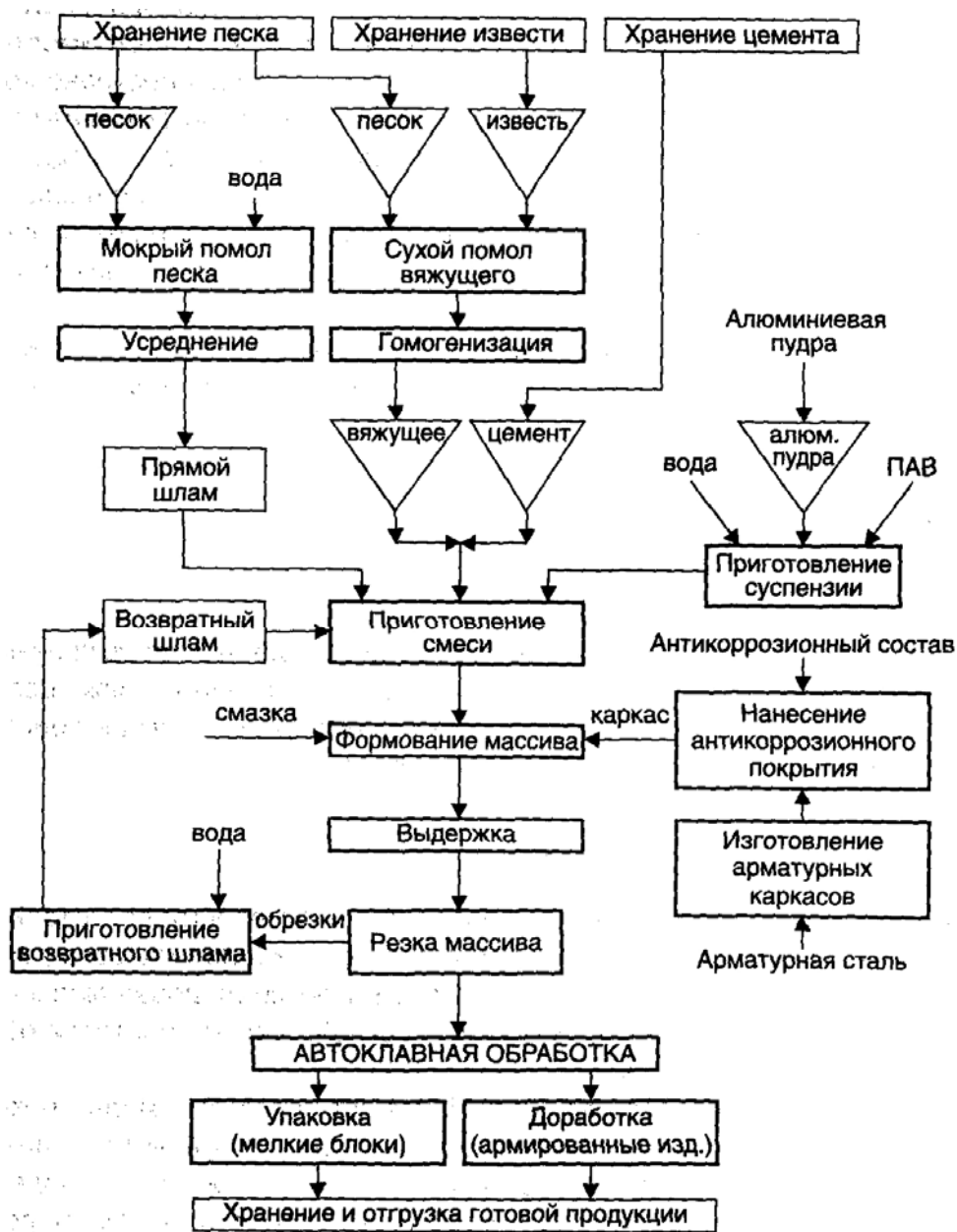


Рис. 1. Структурная схема технологического процесса изготовления изделий из пенобетона

Выходными переменными являются характеристики (показатели качества) пенобетонных блоков: y_1 – средняя масса образца в сыром состоянии, г; y_2 – влажность бетона, %; y_3 – средняя плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³; y_4 – прочность бетона на сжатие, кг/см²; y_5 – прочность ячеистого бетона с учетом влажности, МПа.

Для удобства обработки данных их необходимо привести к безразмерному виду, нормирование производится согласно выражениям:

$$x_{ij} = (x_j - x_{i \min}) / (x_{i \max} - x_{i \min})$$

и

$$y_{ij} = (y_j - y_{i \min}) / (y_{i \max} - y_{i \min}),$$

где x_j и y_j – текущее значение соответственно входного и выходного i -го массива данных.

Таким образом, $x_j \in [0;1]$, $j = \overline{1, m}$, и $y_j \in [0;1]$, $j = \overline{1, m}$, где m – число элементов входного и выходного i -го массива данных.

Для расчета физических значений характеристик исходных компонентов и пенобетона используют обратные выражения, соответственно

$$x_j = x_{ij} (x_{i \max} - x_{i \min}) + x_{i \min}$$

и

$$y_j = y_{ij} (y_{i \max} - y_{i \min}) + y_{i \min}.$$

Считаем, что зависимость между x и y – линейная, описывается линейной регрессионной моделью вида [2]

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_i x_i,$$

где i – количество влияющих факторов.

Значимость коэффициентов регрессии проверяется с помощью t -критерия Стьюдента. Сравнив коэффициенты с табличным значением критерия Стьюдента для уровня значимости 0,95, можно получить уравнения регрессии для прямой модели:

$$\begin{cases} y_1 = 1388,2 - 0,3188x_2, \\ y_2 = 660,96 - 131,91x_6, \\ y_3 = 1934,8 - 0,4493x_2 - 0,0033x_3, \\ y_4 = 490,13 + 0,9069x_2 + 0,5371x_3 - 296,29x_7, \\ y_5 = 427 \end{cases}$$

и для обратной модели:

$$\begin{cases} x_1 = 0,4208, \\ x_2 = 0,4219 + 0,226y_1 - 0,5894y_3 + 0,2468y_4, \\ x_3 = 0,4834 - 0,2438y_3 - 2,7567y_4, \\ x_4 = 0,5089, \\ x_5 = 0,5431, \\ x_6 = 1,0853 - 0,1685y_2, \\ x_7 = 0,4444 + 0,3893y_4, \\ x_8 = 0,7052, \\ x_9 = 0,3166. \end{cases}$$

Адекватность модели проверяется по критерию Фишера:

$$F = \frac{S_f^2}{S_0^2} = \frac{\sum (\hat{y}_x - \bar{y})^2}{\sum (y - \hat{y}_x)^2} \cdot (n - 2),$$

где S_f^2 – общая дисперсия зависимой переменной y ; S_0^2 – остаточная дисперсия наблюдений относительно модели, n – число наблюдений [2].

В ходе исследований установлено, что построенные модели являются неадекватными и не могут быть применимы для решения поставленной задачи. В случае, когда невозможно использовать регрессионные модели, например, из-за их сложности, сильной нелинейной зависимости между входными и выходными параметрами или при наличии неизвестных факторов? прибегают к применению моделей, построенных на нейронных сетях (НС). В этом случае НС-модели представляют собой связную пару [3]:

$$M_k = \begin{cases} \vec{Y} = NET_{\text{ПР}}(\vec{X}), \\ \vec{X} = NET_{\text{ОБР}}(\vec{Y}), \end{cases}$$

где k – номер модели; $NET_{\text{ПР}}$ – прямая НС-модель; $NET_{\text{ОБР}}$ – обратная НС-модель; \vec{X} – матрица входных данных; \vec{Y} – матрица выходных данных. Таким образом, НС-модель будет иметь девять входов: $\vec{X}_i, i = \overline{1,9}$; и пять выходов: $\vec{Y}_i, i = \overline{1,5}$, где i – номер характеристики (показателя качества) исходного компонента или пенобетона.

При помощи построенных таким образом НС-моделей можно также решать задачи прогноза и управления качеством. *Первая (прямая) задача* формулируется следующим образом: по имеющимся значениям характеристик исходных компонентов необходимо осуществить прогноз значений показателей качества пенобетона до завершения полного технологического процесса.

НС имеет следующую парадигму: сеть является многослойной с последовательными связями; содержит десять нейронов в скрытом слое; функция активации – сигмоидальная. Построение моделей выполнялось с помощью математического пакета *MatLab*.

Для прямой задачи входными массивами данных, подаваемыми на вход НС, являлись массивы: $\vec{X}_i, i = \overline{1,9}$, а выходными: $\vec{Y}_i, i = \overline{1,5}$.

Другие модели для решения прямой задачи строятся аналогично. Всего для решения прямой задачи было создано десять НС-моделей.

Построенные для прямой задачи модели на тестовых выборках показали результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты теста НС-моделей для прямой задачи

Модель	Значение среднеквадратического отклонения ошибки	Модель	Значение среднеквадратического отклонения ошибки
$NET_{\text{ПР1}}$	0,00643	$NET_{\text{ОБР1}}$	0,01298
$NET_{\text{ПР2}}$	0,00161	$NET_{\text{ОБР2}}$	0,00827
$NET_{\text{ПР3}}$	0,00214	$NET_{\text{ОБР3}}$	0,00943
$NET_{\text{ПР4}}$	0,00273	$NET_{\text{ОБР4}}$	0,00922
$NET_{\text{ПР5}}$	0,00151	$NET_{\text{ОБР5}}$	0,00927
$NET_{\text{ПР6}}$	0,00397	$NET_{\text{ОБР6}}$	0,00915
$NET_{\text{ПР7}}$	0,00374	$NET_{\text{ОБР7}}$	0,00939
$NET_{\text{ПР8}}$	0,00131	$NET_{\text{ОБР8}}$	0,00837
$NET_{\text{ПР9}}$	0,00435	$NET_{\text{ОБР9}}$	0,00813
$NET_{\text{ПР10}}$	0,00091	$NET_{\text{ОБР10}}$	0,00943

По представленным в табл. 1 результатам видно, что ошибка построенных прямых НС-моделей, выраженная в форме среднеквадратического отклонения, не превышает $6,5 \cdot 10^{-4}$, обратных $1,3 \cdot 10^{-2}$.

Вторая (обратная) задача. Пусть необходимо подобрать состав пенобетона с заданными свойствами (показателями качества). Таким образом, для обратной задачи входными массивами данных, подаваемыми на вход НС, являлись массивы $\vec{Y}_i, i = \overline{1,5}$, а выходными $\vec{X}_i, i = \overline{1,9}$. Построенные для обратной задачи модели на тестовых выборках показали результаты, представленные в табл. 2.

Результаты теста НС-моделей для обратной задачи

Модель	Значение среднеквадратического отклонения ошибки	Модель	Значение среднеквадратического отклонения ошибки
$NET_{ПР1}$	0,00847	$NET_{ОБР1}$	0,00834
$NET_{ПР2}$	0,00986	$NET_{ОБР2}$	0,00329
$NET_{ПР3}$	0,00975	$NET_{ОБР3}$	0,00474
$NET_{ПР4}$	0,01134	$NET_{ОБР4}$	0,00395
$NET_{ПР5}$	0,00948	$NET_{ОБР5}$	0,00743
$NET_{ПР6}$	0,00894	$NET_{ОБР6}$	0,00278
$NET_{ПР7}$	0,00939	$NET_{ОБР7}$	0,00368
$NET_{ПР8}$	0,01045	$NET_{ОБР8}$	0,00324
$NET_{ПР9}$	0,00956	$NET_{ОБР9}$	0,00345
$NET_{ПР10}$	0,00887	$NET_{ОБР10}$	0,00456

Таким образом, полученные регрессионные модели не обладают необходимой адекватностью и не могут использоваться в качестве универсальных, инвариантных к технологическому процессу моделей. Построенные НС-модели являются адекватными по критерию Фишера и рекомендуются к использованию для прогноза качества, подбора рецептур и управления качеством пенобетона.

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. Батяновский Э.И., Голубеев Н.М., Сажнев Н.Н. Производство ячеистобетонных изделий автоклавного твердения: пособие. – Минск: Стринко, 2009. – 128 с.
3. Мартыненко В.А., Морозова Н.В. Справочник специалиста лаборатории завода по производству газобетонных изделий. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – 308 с.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
5. Малимон М.В., Сокольчик П.Ю., Сташков С.И. Прогноз и управление качеством гетерогенных сыпучих смесей // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2013. – № 1.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ В СОСТАВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Студентка группы АТП-13м Л.Е. Поповцева

Научный руководитель – канд. экон. наук, доцент *Е.Б. Чарная*

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Приведена разработанная авторами методика технологического обоснования химико-технологических процессов в составе ТЭО. Суть исследования заключается в том, что рассматриваются экономические цели автоматизации; их формулирование производится на основании организационного разложения технологического процесса на отдельные стадии; подход к исследованию – системный.

Ключевые слова: технико-экономическое обоснование; технологический состав ТЭО; химико-технологические процессы; цель автоматизации; технологический параметр; технико-экономический показатель; критерий оптимального управления.

SOME ISSUES OF TECHNOLOGICAL SUBSTANTIATION IN TECHNICAL AND ECONOMIC SUBSTANTIATION OF PROJECT OF AUTOMATION OF CHEMICAL TECHNOLOGICAL PROCESS

Student of group ATP-13m L.E. Popovtseva,

Scientific adviser – Ph.D. in Economical Sciences,

Associate Professor *E.B. Charnaya*

Perm National Research Polytechnic University

Developed by the authors method of technological substantiation of chemical technological process in technical and economic substantiation is represented. The main point of the study is that we view economical goals of automation. Formulation of that goals are based on organizational decomposition of technological process into separate stages. An approach to the study is systems approach.

Keywords: technical and economic substantiation, technological composition of technical and economic substantiation, chemical technological processes, goals of automation, technological parameter, technical and economic index, criteria of optimal control.

Известно, что капитальные вложения относятся к самым дефицитным ресурсам, которыми располагают любое государство и привлекаемые им инвесторы; при этом планируемые результаты их расходования могут быть получены при использовании самых разных технических решений, а эффективность этих решений существенно отличается. Поэтому в состав каждого проекта, направленного на получение определенного результата и требующего капитальных вложений, включается его технико-экономическое обоснование (ТЭО). Общее содержание ТЭО утверждено практически на законодательном уровне.

При всей общности содержания ТЭО для разных технических направлений особо следует выделить автоматизацию технологических процессов, а из этого направления – химико-технологических процессов.

Технологический процесс является основным объектом автоматизации в химической промышленности, а ее технической формой АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом. По своему содержанию, характеру влияния на производство химико-технологические процессы (ХТП) существенно отличаются от всех прочих.

Характерные особенности ХТП заключаются в следующем:

- для получения готового продукта воздействие на сырье оказывает химическая реакция;

- процесс осуществляется в специализированном оборудовании (аппаратах) без непосредственного участия человека. Оборудование сложное, капиталоемкое, эксплуатируется в агрессивных средах;

- процессы в основном непрерывные, высокоинтенсивные, многостадийные;

- связи между стадиями жесткие, т.е. любое нарушение технологического режима в любой точке практически мгновенно распространяется на все стадии;

- большинство процессов пожаро-, взрыво-, экологически опасно;

- результативность, эффективность процесса определяется большим количеством технологических параметров, при разном сочетании которых достигаются различные результаты;

- технологические параметры, при которых осуществляется процесс, должны устанавливаться и поддерживаться на оптимальном уровне (оптимальным называется процесс, технологические параметры которого установлены при экстремальном значении показателя, отражающего заданную эффективность этого процесса и принятого за критерий оптимальности). Точность их поддержания на этом уровне обеспечивает не только экономическую эффективность, но и безопасность производства;

- требуемая точность поддержания технологических параметров может быть достигнута только в результате автоматизации.

Отсюда следует, что:

- а) применение АСУТП в химических производствах объективно необходимо;

- б) в процессе выполнения ТЭО должен быть выполнен глубокий технологический анализ объекта автоматизации.

Однако во всех документах, определяющих содержание и методику выполнения ТЭО, такая составляющая отсутствует.

Задача данной работы – в достаточной степени ликвидировать этот пробел, то есть изложить разработанную авторами методику технологического обоснования ХТП в составе ТЭО.

Технологические составляющие объекта автоматизации при разработке АСУТП ХТП. Основное внимание в методике уделяется организационно-экономической составляющей технологического процесса. Суть исследования заключается в том, что рассматриваются экономические цели автоматизации; их формулирование производится на основании организационного разложения технологического процесса на отдельные стадии; подход к исследованию – системный.

Как уже указывалось, любой ХТП – процесс многостадийный. Результаты функционирования производства, в которое он входит, реализуются на последней по ходу технологического процесса стадии. Уровень показателей выхода этой стадии зависит от выходных показателей всех предыдущих стадий и формируется последовательно, по мере функционирования технологического процесса каждой последовательно осуществляемой стадии. Поэтому исследование начинается с последней по ходу технологического процесса стадии. При этом принимается, что проблемы, которые на производстве должны быть решены, и цели, достижение которых предусматривается в результате автоматизации, принимаются экономические при условии, что требуемые социальные нормативы выполняются. Такой подход вполне оправдан, исходя из самой сущности ТЭО как технико-экономического обоснования. Техническое обоснование заключается в том, что доказывается работоспособность предлагаемого решения по автоматизации, то есть это чисто инженерная задача и потому предметом данного исследования не является.

Экономическое обоснование автоматизации ХТП заключается в том, что доказывается ее экономическая целесообразность (или нецелесообразность). Признаками экономической целесообразности являются положительный экономический эффект и удовлетворяющий инвестора срок окупаемости капитальных вложений. Для выполнения требуются с разной степенью глубины знания технологии, теории автоматизации, экономики отрасли и процесса, аналитические способности, умение логически мыслить и выявлять конкретные экономические последствия автоматизации конкретного процесса.

Основные понятия, которые рассматриваются в предлагаемой работе. *Технологические параметры* – параметры состояния (температура, давление и т.д.), уровень и точность поддержания, дисперсия (квадрат отклонения от оптимального уровня) которых определяют ход технологического процесса, его эффективность и безопасность, уровень и диапазон колебаний всех других характеризующих процесс показате-

лей, в первую очередь технико-экономических, а через них экономических и социальных.

С целью уменьшения затрат на автоматизацию из технологических параметров в качестве объектов автоматизации выбирают ведущие.

Ведущие технологические параметры – это параметры, незначительное изменение которых приводит к существенному изменению результативного показателя и которые принимаются за объект автоматизации.

Цель автоматизации (первичная) – повышение точности поддержания или уровня технологического параметра; и только в результате этого – технико-экономического или экономического показателя, которые необходимо и возможно достигнуть за счет автоматизации в конкретных условиях, принятых в проекте.

Цель автоматизации рассматривается как система многоуровневая, связи которой усложняются по мере продвижения от цели первичной (отдельной) стадии к общей цели производства.

Первичная цель автоматизации должна рассматриваться как уменьшение отклонений технологических параметров от их оптимального уровня за счет повышения скорости выхода этих параметров на оптимальный режим после возмущений, их смещающих.

Общая цель характеризует конечный результат автоматизации, что обеспечивает достижение результативных показателей производства, предусмотренных в проекте.

Критерий оптимального управления технологической стадией (КОУ) – показатель, по отклонению которого от оптимального уровня будет осуществляться управление технологической стадией.

Технико-экономический анализ. Выявляются технико-экономические показатели (ТЭП) производства (производительность оборудования, расходные нормы ресурсов, выход на загруженное сырье и др.), их взаимосвязи и влияние на заданные проектом экономические показатели производства. Таким образом, в процессе технико-экономического анализа изучаются внутренние экономические связи производства, то есть связи между выходными показателями стадии и технологическими параметрами.

Технологический анализ стадии основан на изучении и анализе теории технологического процесса этой стадии.

Этапы и последовательность технологического и на его основе экономического обоснования автоматизации технологического процесса:

1. Уточняются перечень и уровень экономических показателей производства, которые требуется обеспечить и поддерживать в результате автоматизации. Если проект разрабатывается для действующего производства, то формулируются проблемы.

2. Формулируются цели автоматизации – общие и частные. Как уже ранее отмечалось, за общую цель автоматизации принимается необходимый для достижения экономического показателя производства уровень выходного ТЭП последней, по ходу технологического процесса, технологической стадии. Таким образом, формулирование частных целей, то есть уровня ТЭП или технологических параметров выхода каждой стадии, обеспечивающих уровень выходных показателей последней, производится обратного ходу технологического процесса. Исследование ведется таким образом, что каждая последующая стадия технологического процесса рассматривается как система более низкого уровня. При этом используется метод последовательного определения показателей входа по найденным показателям выхода. Каждая стадия рассматривается как «черный ящик», то есть влияние технологических параметров этой стадии на показатели ее выхода не рассматривается, изучается только взаимозависимость выходных (входных) показателей стадий технологического процесса.

Известно, что на каждой стадии показателей выхода может быть несколько, и, следовательно, возникает необходимость изучить степень их влияния на целевой показатель последующей стадии и только после этого выбрать показатель, который следует принять за цель автоматизации анализируемой стадии. Описанную процедуру необходимо выполнять, используя технологические исследования, а также полученные при этом математические модели.

3. Выбор и обоснование показателя, принимаемого за критерий оптимального управления автоматизированной технологической стадией. АСУТП реализуется таким образом, что управление производством осуществляется через управление каждой технологической стадией. Поэтому КОУ выбирается и обосновывается для каждой технологической стадии. Как правило, за такой критерий не выбирается экономический показатель, так как его расчет требует большого объема информации и, следовательно, усложнения системы автоматизации; технико-экономические показатели обобщенные, например производительность оборудования, не принимаются по той же причине. Наиболее целесообразно за КОУ принимать такие показатели, как выход продукта на загруженное сырье, отбор целевого продукта, степень конверсии и т.п.

Предварительно за показатель, который будет принят за КОУ, принимается показатель, ранее принятый за цель автоматизации стадии. Затем он анализируется на соответствие определенным требованиям.

Это должен быть показатель, который:

а) может быть оценен количественно;

б) при оптимизации технологических параметров установлен его максимальный или минимальный (в зависимости от особенностей процесса) уровень;

в) должен отражать полные экономические результаты изменения технологических параметров;

г) результаты эти должны быть представлены минимальным количеством сведений. Например, если КОУ – максимальный выход, то это означает, что повышение его однозначно приводит к улучшению всех экономических показателей, характеризующих технологический процесс, и никаких дополнений к его характеристике не требует;

д) в системе автоматизации должен быть предусмотрен прибор, непрерывно (постоянно) измеряющий уровень показателя, принятого за КОУ;

е) если анализируемый на возможность использования в качестве КОУ показатель не удовлетворяет хотя бы одному из перечисленных требований, то управление процессом осуществляется по косвенному параметру, и тогда за КОУ принимается ведущий параметр.

4. Технологический анализ стадии. Этот анализ осуществляется в определенной последовательности. Выделяются результативные технологические параметры и ТЭП на выходе стадии; их влияние на такие же показатели последующих, в том числе конечной, стадий; устанавливается, какой их уровень необходимо поддерживать в результате автоматизации.

Выделяются технологические параметры, определяющие ход процесса на стадии; их взаимосвязь и влияние на выходные показатели стадии; обосновываются ведущие, их оптимальный уровень и точность поддержания.

В результате технологического анализа стадии определяют:

– технологические параметры в той или иной степени характеризующие процесс;

– характер и существенность влияния технологических параметров процесса на показатель, принятый за КОУ;

– ведущие параметры, их количественный уровень и точность поддержания.

По результатам технологических исследований определяются оптимальный уровень технологических параметров и точность их поддержания. Затем принимаются все необходимые технологические решения по автоматизации. При этом точность поддержания технологического параметра определяется как технологически необходимая, технически возможная и экономически целесообразная.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

Аспирант С.С. Калугин

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *В.Ф. Безьязычный*
Рыбинский государственный авиационный технический
университет им. П.А. Соловьева

Приводятся понятие, цели и задачи интегрированной логистической поддержки в сфере послепродажного обслуживания авиационных газотурбинных двигателей и газоперекачивающих установок. Производится анализ основных элементов интегрированной логистической поддержки для авиационных и наземных ГТД.

Ключевые слова: интегрированная логистическая поддержка, ГТД, техническое обслуживание, ремонт, материально-техническое обеспечение.

INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT OF AFTER SALES SERVICE OF AIRCRAFT GAS TURBINE ENGINE AND GASCOMPRESSOR UNITS

Graduate Student S.S. Kalugin

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *V.F. Bezyazychny*
Rybinsk State Aviation Technical University P.A. Solovyov

The idea, aims, and problems of integrated logistic support of after sales service of aircraft gas turbine engines and gascompressor units are presented in the paper. In the paper analysis is produced of the main elements of the integrated logistic support for aircraft and ground-based gas-turbines engines

Keywords: integrated logistic support, gas turbine engine, maintenance, repair, material support

Современное состояние рынка авиационных ГТД характеризуется постоянно возрастающей конкуренцией между ведущими производителями. Ведущие мировые разработчики авиационных ГТД: *General Electric, Rolls-Royce, Pratt&Whitney, Snecma* и многие другие непрерывно совершенствуют свою продукцию, добиваются ускорения вывода новых моделей на рынок, предоставляют потребителям своей продукции разнообразные услуги в сфере ее послепродажного обслуживания (сервиса).

Анализ мирового опыта в области послепродажного обслуживания современной гражданской авиатехники позволяет сделать следующие выводы: во-первых, мировые лидеры двигателестроения уже давно не продают «просто двигатели» и «сопутствующие сервисы». Они предлагают заказчикам интегрированный и функционально полный комплекс самых современных инструментов, технологий и сервисов для осуществления бизнеса в сфере авиационных перевозок. Во-вторых, информационные

системы и технологии сегодня перестают быть просто инструментами и становятся базисными системообразующими платформами для эффективной эксплуатации и обслуживания современной авиационной техники. Эти технологии составляют основу систем послепродажного обслуживания ведущих двигателестроительных корпораций мира. В российской практике, по мнению большинства специалистов, для достижения стратегической цели проникновения на мировой рынок гражданской авиатехники и захвата его существенной доли простого копирования зарубежного опыта в сфере послепродажного обслуживания на уровне отдельных конструкторских бюро и двигателестроительных заводов сегодня явно недостаточно. Нужны прорывные стратегические решения, определяющие облик интегрированной системы послепродажного обслуживания авиационной техники будущего [1].

Проблема послепродажного обслуживания – интегрированной логистической поддержки приобрела особую актуальность в связи с выходом отечественных производителей авиационной техники гражданской авиации на международные рынки. Иностранцы заказчики предъявляют к средствам и системам послепродажного обслуживания российских изделий те же требования, что и к аналогичным изделиям зарубежных фирм. В связи с этим указанная проблема переходит в разряд первоочередных, поскольку от ее решения в значительной мере зависят конкурентоспособность отечественной авиационной техники гражданской авиации и успех ее продаж на мировых рынках.

Понятие интегрированной логистической поддержки (ИЛП) охватывает комплекс процессов и процедур, выполняемых в ходе всего жизненного цикла изделия, направленных преимущественно на сокращение затрат на послепродажное сопровождение при обязательном обеспечении заданного уровня технической готовности [2].

Интегрированная логистическая поддержка является связующим звеном между процессами проектирования, производства, технического обслуживания и ремонта авиационной техники и закладывает с этапа проектирования параметры и характеристики, влияющие во многом на показатели технологичности и ремонтпригодности, что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на стоимость жизненного цикла и конкурентоспособность продукции в целом. Виды подходов к созданию системы послепродажного обслуживания ГТД представлены на рис. 1.

Система интегрированной логистической поддержки для авиационных и наземных ГТД будет состоять из следующих элементов:

- определение стоимости технического обслуживания;

- обучение специалистов, выполняющих работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) ГТД;
- поддержка полевыми представителями;
- создание центра поддержки эксплуатанта;
- разработка процедур мониторинга состояния двигателя;
- анализ интегрированной логистической поддержки;
- разработка необходимой технической документации;
- разработка и производство оборудования для ТОиР;
- отслеживание выполнения гарантийных обязательств;
- создание веб-центра;
- логистика поставок двигателей и запасных частей;
- создание базы данных;
- управление конфигурацией двигателя (модернизация).



Рис. 1. Подходы к созданию системы послепродажного обслуживания ГТД

Процесс интегрированной логистической поддержки запускается в начале программы по разработке двигателя. Определение системы поддержки должно быть проведено одновременно с определением требований к ГТД, включая участие системы поддержки на всех этапах жизненного цикла ГТД.

Далее более подробно рассмотрим основные элементы интегрированной логистической поддержки для авиационных и наземных ГТД:

- анализ логистической поддержки изделия;
- управление ТОиР;
- управление МТО (материально-технического обеспечения) процессов эксплуатации и обслуживания;

Анализ логистической поддержки – важнейший элемент интегрированной логистической поддержки. Он представляет собой формализованную технологию всестороннего исследования как самого изделия, так

и вариантов системы его эксплуатации и обслуживания. Так же, как интегрированная логистическая поддержка в целом, анализ логистической поддержки направлен на обеспечение требований к поддерживаемости изделия за счет минимизации стоимости жизненного цикла при заданном значении коэффициента готовности либо за счет максимизации коэффициента готовности при заданных ограничениях на стоимость жизненного цикла изделия. Основные участники анализа логистической поддержки показаны на рис. 2.

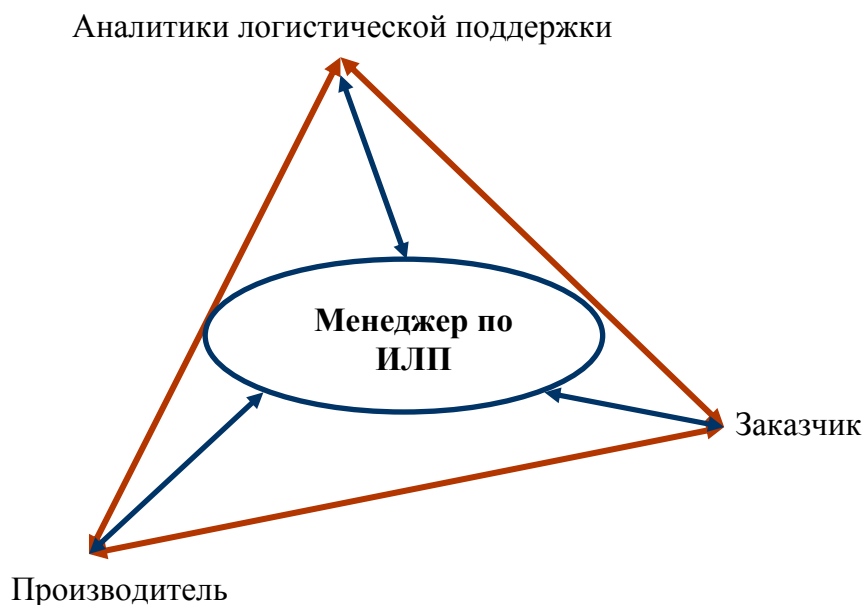


Рис. 2. Участники анализа логистической поддержки

Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) есть совокупность действий, направленных на поддержание работоспособности изделия в течение всего жизненного цикла, в том числе в ходе его использования по назначению. Выполнение ТОиР является одной из основных функций системы послепродажного обслуживания.

Основой управления ТОиР является планирование, определяющее цели управления, ресурсы, необходимые для достижения этих целей, а также действия по достижению целей и их распределение во времени. Согласно [2] планирование ТОиР предполагает разработку концепции ТОиР, разработку и оперативную корректировку планов ТОиР. Концепция ТОиР включает классификацию работ по различным признакам и их распределение по уровням, обеспечивающее снижение затрат, повышение коэффициента готовности и, как следствие, показателя поддерживаемости [3]. Так же, как управление ТОиР, **управление материально-техническим обеспечением (МТО)** рассматривается в основном в аспекте планирования. Эта дисциплина интегрированной логистической поддержки

предполагает выполнение и информационную поддержку в условиях интегрированной информационной среды следующих процедур, подробно описанных в нескольких книгах стандарта [2]:

– кодификация предметов МТО – представляет собой важнейшую процедуру присвоения предметам МТО уникальных кодовых обозначений, используемых при заказах продукции;

– определение параметров начального МТО – заключается в определении комплекта запасных частей и расходных материалов, поставляемых вместе с изделием авиационной техники и необходимых для поддержки функционирования изделия в начальный период эксплуатации, когда процесс текущего МТО по тем или иным причинам еще не налажен;

– определение параметров и планирование текущего МТО – определяются расчетами, выполняемыми в процессе анализа логистической поддержки, и затем корректируются в зависимости от фактических условий эксплуатации ГТД;

– планирование закупок – представляет собой метод запроса и получения от промышленных предприятий сведений о ценах на предметы МТО, включая прайс-листы поставщиков;

– управление поставками – предусматривает выполнение следующих процедур:

- оценку уровня текущих запасов по всей номенклатуре предметов МТО и принятие своевременных решений о необходимости пополнения этих запасов;

- подготовку соответствующих заявок;

- контроль качества поступающих предметов МТО;

- организацию учета, хранения и выдачи предметов МТО;

- управление заказами – термин, объединяющий совокупность всех действий, осуществляемых с заказом (заявкой) от момента его выдачи заказчиком поставщику (с учетом возможных поправок/добавлений, запросов/справок о ходе выполнения и т.д.) вплоть до подтверждения доставки заказанных предметов МТО на склад заказчика;

– управление счетами – информационный обмен между поставщиком и заказчиком при передаче счетов и данных о счетах на оплату в электронном виде.

Послепродажное и постгарантийное обслуживание является источником значительных постоянных доходов в технологически передовых отраслях, к которым относится и производство ГТД. По уровню прибыльности обслуживание может даже превосходить торговлю самим оборудованием. Оказание услуг, связанных с послепродажным обслуживанием

изделий длительного пользования, приносит значительный доход промышленным предприятиям и компаниям, осуществляющим техническое обслуживание ГТД. На рис. 3 приведены кривая цикла обслуживания изделия и кривая цикла производства изделия, на основании чего следует, что предприятие-изготовитель может получать прибыль с обслуживания ГТД даже после снятия его с производства.

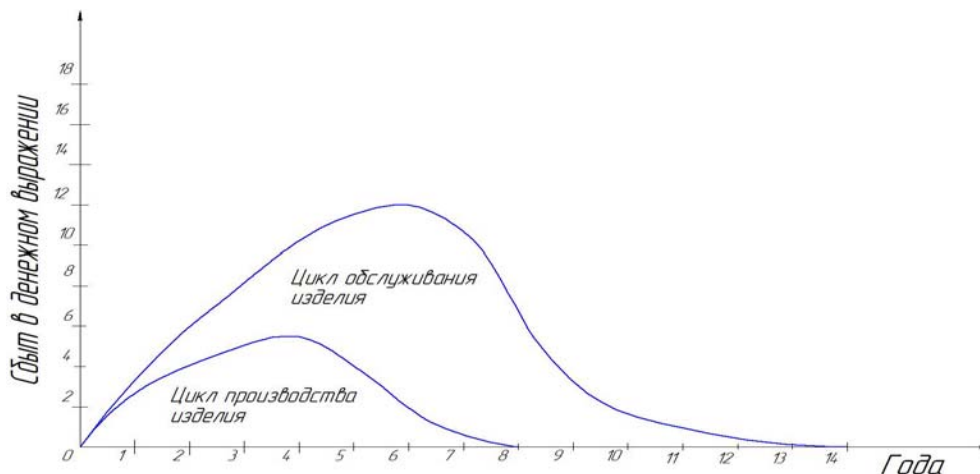


Рис. 3. Кривые цикла обслуживания изделия и цикла производства изделия

Высокотехнологическое оборудование, каким и являются газотурбинные двигатели, нуждается в квалифицированном обслуживании, и та компания, которая предоставляет заказчикам наилучшие условия, будет конкурентоспособнее других предприятий, производящих подобную продукцию. Послепродажное обслуживание, опирающееся на современные положения логистики, позволяет без каких-либо изменений в производственном цикле изделия увеличить прибыль предприятия.

Библиографический список

1. Поспелова О. Послепродажное обслуживание авиатехники: с учетом мирового опыта [Электронный ресурс]. – URL: АвиаПорт.Ru.
2. DEF STAN 00-60. Integrated Logistic Support. Стандарт Министерства обороны Великобритании. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
3. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е.В. Судов, А.И. Левин, А.В. Петров, Е.В. Чубарова. – М.: Информбюро, 2006. – 232 с.
4. Стандарт AeroSpace and Defence S2000M [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Канд. техн. наук, доцент А.В. Кордюков
Рыбинский государственный авиационный технический
университет им. П.А. Соловьева

Обоснована необходимость применения современных информационных технологий для технологического проектирования. Рассмотрен метод получения технологической модели детали. Определена информация, необходимая для последующего технологического проектирования. Выбраны методы автоматизированного построения технологической модели детали на основе чертежа и трехмерной модели.

Ключевые слова: технологическое проектирование, методы искусственного интеллекта, технологическая модель детали, нейронная сеть, нечеткая логика, распознавание геометрии.

RECOGNITION PROCESS MODEL DETAILS FOR AUTOMATED PRODUCTION TRAINING WITH METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor A.V. Kordyukov
Rybinsk State Aviation Technical University P.A. Solovyov

In the article the necessity of the use of modern information technologies for process design. An approach to obtaining the technological details of the model. Defined information necessary for further technological design. The selected method of automatic construction of technological model details based on a drawing and three-dimensional models.

Keywords: technological design, methods of artificial intelligence technology model part; neural network, fuzzy logic, pattern recognition.

Обоснование применения методов искусственного интеллекта было рассмотрено в [1], где показана необходимость применения современных информационных технологий в технологическом проектировании.

Разработка технологического процесса изготовления детали всегда начинается с изучения ее чертежа. Технолог определяет функцию детали в изделии, ее взаимодействие с другими деталями, выделяет основные формы и геометрию детали, определяет базовые, функциональные и свободные поверхности. В результате чего у технолога формируется в голове технологическая модель детали, необходимая для проектирования технологического процесса. При автоматизации технологического проектирования в первую очередь формируется технологическая модель детали, отражающая в себе необходимую информацию для последующего проектирования.

В настоящее время существует несколько методик кодирования конструкторско-технологической информации, которые применяются

в машиностроении. Данные методики автоматизации проектирования технологических процессов были разработаны в 70–80 гг. прошлого века В.Д. Цветковым, Б.С. Падуном, В.Г. Старостиным, В.Е. Лелюхиным, А.И. Кондаковым, Н.М. Капустиным и многими другими.

Разные авторы предлагают свои подходы к решению задачи формализации описания детали, например, формирование СТОК-групп в методике В.Г. Старостина, использование таблиц кодировочных сведений, описанных Н.М. Капустиным, структурирование информации с применение словаря первичных структурных элементов деталей в методиках В.Д. Цветкова и Б.С. Падуна и т.д.

Перечисленные методики заложили основу кодирования информации о детали, но не дали самого главного, автоматического получения описания детали, что становится возможным при использовании современных информационных технологий, к которым относятся методы искусственного интеллекта.

За основу описания детали возьмем методику, предложенную В.Д. Цветковым [2].

Для получения описания детали необходима лишь часть информации, которая будет образовывать ее технологическую модель.

Для проектирования технологического процесса механической обработки детали [2] ее состояние описывается совокупностью поверхностей, ограниченных размерами и имеющих пространственные отношения. За исходные элементы для проектирования целесообразно принимать элементарные, нормализованные и типовые поверхности.

Технологическую модель обрабатываемой детали с необходимыми и достаточными для проектирования техпроцессов ее изготовления признаками можно описать следующей моделью: $TMD = [H, G(Q, U), (S_\phi, S_p), Z]$, где H – основные конструкторские базы детали и степени свободы, которые они фиксируют; $G(Q, U)$ – структурный состав детали; S_ϕ, S_p – формообразующая и размерная структуры детали; Z – общие сведения о детали.

Отношение $H = (БП_i, \delta_i)_j$ учитывает информацию, необходимую о связях детали с окружающей средой, то есть с другими деталями механизма или изделия, с которыми рассматриваемая деталь связана и взаимодействует в процессе функционирования. Для проектирования технологического процесса достаточно задать поверхности основных баз и выполняемые ими функции. Функцию базовых поверхностей будем задавать следующими отношениями базирования:

$$\text{БП}_1 \delta_1(q_x, q_y, \dots),$$

$$\text{БП}_k \delta_k(q_x, q_r, \varphi_y),$$

которые определяют степени свободы $q_x, q_y, q_z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$, фиксируемые каждой базовой поверхностью БП.

Наиболее подробные сведения для технологического проектирования требуются о геометрии детали и взаимосвязях ее элементов. В любой детали можно выделить сложные формы, путем разбиения сложных форм получить простые формы, которые, в свою очередь, будут состоять из элементарных поверхностей и их взаиморасположения. Следовательно, необходимо вначале описать типовые и элементарные поверхности, из которых состоит деталь, их взаимосвязи, а затем получающиеся формы. В результате получим описание структурного состава детали $G(Q, U)$.

Из аналитической и начертательной геометрии известно, что наиболее удобен и распространен кинематический способ задания поверхностей. Данный способ используется для проектирования операций обработки поверхностей, следовательно, его и будем использовать для их описания. При кинематическом способе описания поверхности утверждается, что поверхность будет задана, если в любой момент движения образующей будут известны ее положение и форма. Кинематический способ тесно связан с понятием определителя, под которым понимается необходимая и достаточная совокупность геометрических фигур и связей между ними, которые однозначно определяют поверхность.

В число условий, входящих в состав определителя, должны быть включены перечень геометрических фигур, участвующих в образовании поверхности, а также алгоритмическая часть, указывающая на взаимосвязь между этими фигурами.

В общем случае геометрический определитель будет иметь следующую форму: $\Phi(\Gamma); [A]$, где (Γ) – геометрическая часть, $[A]$ – алгоритмическая часть.

Поскольку поверхность может быть образована различными путями, очевидно, что одна и та же поверхность будет иметь различные определители. Из всевозможных вариантов определителей следует выбирать наиболее простой. Для технологического проектирования [3] определитель также следует дополнить информацией о физико-механическом состоянии поверхности. Полученный определитель поверхности в общей форме, необходимый для технологического проектирования, будет иметь вид $\Phi(\Gamma); [A]; \{C\}$, где $\{C\}$ – сведения о физико-механическом состоянии описываемой поверхности.

Развернутую форму определителя получаем дальнейшей конкретизацией признаков, описывающих форму, размеры и физико-механические свойства поверхности.

Развернутый определитель в общем виде будет состоять из следующих признаков: $ОПР = \Phi(\Gamma); [A]; \{C\} = \Phi(K, B, R); [L]; \{\nabla, \delta\Phi, ТО, МС, ПК, ГЛ\}$, где K – код формы поверхности; L – размерные параметры, характеризующие закон движения образующей в пространстве; B – размеры профиля; R – размеры переходных поверхностей (фаски, канавки, радиусы закруглений) при сопряжении данной поверхности с другими; ∇ – шероховатость поверхности; $\delta\Phi$ – отклонение от правильной геометрической формы поверхности; $ТО, МС$ – вид термообработки и механические свойства поверхности; $ПК, ГЛ$ – вид покрытий, глубина покрытия или термообработки.

После определения основных поверхностей детали необходимо переходить к описанию сочетания и взаиморасположения поверхностей, а также размерной структуры S_{ϕ}, S_p .

Данную операцию можно выполнить путем введения конструктивных операций «соединение» и «отсечение» [3]. Соединение типовых поверхностей детали K_1 и K_2 будем обозначать символом \cup . В результате данной операции получается более сложный объект Q , состоящий из указанных элементов: $Q = K_1 \cup_i (m)K_2$, где индекс i – обозначает характер взаимного расположения соединенных элементов K_1 и K_2 . Наиболее распространенными видами операции соединения элементов являются: по оси (соосное), под прямым углом, под любым углом, отличным от прямого, по касательной, соединение с параллельными осями элементов и т.п.; m – характеристика операции соединения. Например, при описании тел вращения характеристикой будет служить ось вращения, или при описании плоских деталей характеристикой будет служить вид переходной поверхности (фаска, радиус, канавка) при сопряжении поверхностей.

Операцию отсечения будем обозначать символом \setminus . В результате операции будет описываться новый объект, возникающий в результате отсечения одного объемного элемента, ограниченного поверхностью K_1 , от другого объемного элемента, ограниченного поверхностью K_2 .

$$Q = K_1 \setminus_i (m)K_2.$$

Символ i , как и в первом случае, обозначает характер операции отсечения (по оси, под прямым углом и т.д.). Символом m обозначается ось, по которой производится отсечение K_2 .

Следует заметить, что первично необходимо выделить поверхности, определяющие общий контур детали, затем поверхности, образованные вычитанием из них, и т.д.

Относительное взаимное расположение типовых поверхностей будем задавать в виде отношения

$$(K_1, K_2 \dots) \varepsilon (K_k, K_{k+1}, \dots),$$

где ε – вид отношения; K_1, K_2, K_k, K_{k+1} – поверхности, связанные этим отношением.

Среди наиболее часто встречающихся отношений между поверхностями можно назвать соосное, параллельное, перпендикулярное, симметричное, расположение элементов по прямой, расположение элементов по окружности, расположение элементов в одной плоскости.

При взаимном пересечении поверхностей характер их взаимодействия можно описать выражением $K_1 \pi_i K_2$, где i – обозначается конструктивная разновидность пересечения элементов в пространстве (под прямым углом, под произвольным углом, с параллельными осями элементов).

Для описания размерных связей будем использовать следующие отношение: $K_i \mu b K_j$, где μ – вид размера; b – численная величина размера.

Размерная связь может проходить между двумя элементами, например, точками, линиями, поверхностями. Совокупность размеров образует размерные цепи детали, которые в зависимости от расположения их элементов подразделяются на одномерные, двухмерные и пространственные. Математически любую размерную цепь можно описать графом или таблицей связей, что удобно для описания в ЭВМ.

Заданные технические требования на точность взаимного расположения поверхностей будем описывать следующим образом: $K_i \bar{\varepsilon} \delta K_j$, где $\bar{\varepsilon}$ – вид отклонения; δ – численная величина отклонения.

Описание общих сведений о детали Z в общем виде будет следующим: $Z = \{H_d, N_d, L, D, B, H, M_T, TO, ПК, МС, \nabla_{oc}, \Phi_{oc}\}$, где H_d – наименование детали, N_d – номер детали, L, D, B, H – габаритные размеры детали, M_T – материал, TO – термообработка, $ПК$ – покрытия детали, $МС$ – механические свойства, ∇_{oc} – чистота обработки остальных поверхностей, Φ_{oc} – величины фасок неоговоренных на чертеже.

Большинство параметров возможно определить с чертежа или модели детали традиционными программными алгоритмами, например, название детали, материал, номер, термообработка, шероховатость и т.п. Здесь

никаких особых трудностей нет. Наибольшую трудность вызывает описание поверхностей и их взаимосвязей.

Для решения задачи определения геометрии детали и взаимосвязи поверхностей детали предлагается применять нейронную сеть. В качестве начальной обучающей выборки следует принять классификацию типовых поверхностей, приведенных в [3]. Таким образом, возможно охватить практически все классы поверхностей. Для возможности обучения сети и дополнения базы данных поверхностей введем режим ручного определения поверхностей с чертежа детали или трехмерной модели.

Распознавание и определение взаимного расположения поверхностей предлагается осуществлять на основе аппарата нечеткой логики, который позволит по форме взаиморасположения направляющих определять их взаимоотношения.

Библиографический список

1. Кордюков А.В. Технологическая подготовка производства с использованием методов искусственного интеллекта // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (INNOTECH 2011): материалы III Междунар. интернет-конф. молодых ученых. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 77–83.

2. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – М.: Наука и техника, 1979. – 264 с.

3. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1972. – 240 с.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОРИГИНАЛЬНОСТИ НОВШЕСТВА

Студентка гр. М958 В.Д. Соловьева

Научный руководитель – старший преподаватель С.А. Назаревич
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения

Рассматриваются критерии оценки оригинальности объекта в структуре научно-технического прогресса.

Ключевые слова: оригинальность, новизна, методика оценки, показатели, экспертный метод.

ESTIMATION PROCEDURE ORIGINALITY OF INNOVATION

Student gr. M958 V.D. Solovjeva

Scientific adviser – Assistant Professor S.A. Nazarevich
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

In this article criteria of an assessment of originality of object in structure of scientific and technical progress are considered.

Keywords: originality, novelty, assessment methodology, indicators, expert method.

Проблема оценки оригинальности продукции в рамках функциональной деятельности элементов системы «наука–предпринимательство–производство», составляющих структуру научно-технического прогресса (НТП), возникает в разграничении отличительных характеристик исследуемого объекта от существующих прототипов или аналогов на различных этапах жизненного цикла новшества, что прямым образом отражается на развитии НТП.

В современном понятии НТП можно представить одним из возможных выражений [1]:

$$\text{НТП} = \text{НТД} + \text{ИНД} + \text{ИПД}, \quad (1)$$

где НТД – научно-техническая деятельность (результаты фундаментальных и прикладных исследований, ОКР, изобретения, полезные модели, промышленные образцы), ИНД – инновационная деятельность (базовые, улучшающие и псевдоинновации), ИПД – инженерно-производственная деятельность (модернизация, модификация, усовершенствование).

Критерии оценки результатов научно-технического прогресса

Группы результатов научно-технического прогресса	Объекты	Критерии оценки					
		Инновационный уровень	Изобретательский уровень	Научно-техническая новизна	Коммерческая реализуемость	Промышленная применимость	Оригинальность
Результаты научно-технической деятельности	Изобретение	–	⊙	⊙	◆	⊙	–
	Полезная модель	–	–	⊙	⊙	⊙	⊙
	Промышленный образец	–	–	◆	◆	◆	⊙
Результаты инновационной деятельности	Базовая инновация	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	–
	Улучшающая инновация	–	–	⊙	○	⊙	–
	Псевдоинновация	–	–	◆	◆	◆	⊙
Результаты инженерно-производственной деятельности	Модернизация	–	–	◆	○	○	–
	Модификация	–	–	◆	◆	◆	⊙
	Усовершенствование	–	–	◆	○	○	○
Ноу-хау		–	–	–	◆	⊙	⊙
Существующая продукция		–	–	○	⊙	⊙	⊙

Примечание: ⊙ – сильная связь 9, ○ – средняя связь 6, ◆ – слабая связь 3, – отсутствие связи.

На основании представленных в табл. 1 критериев оценки результатов научно-технического прогресса разработаны модель жизненного цикла формирования новшества и критерии для оценки потенциала новшества на ключевых этапах [1].

Актуальность решения проблемы состоит в определении уникальности отличительных характеристик объекта, степени авторского участия и творческого подхода при разработке и последующем проектировании технического решения, которое выступает в виде объекта исследования. На основании проведенного исследования и анализа нормативно-технической документации был выявлен перечень требований, который послужил фундаментом для формирования следующих групп критериев для оценки оригинальности объекта, представленных в табл. 2.

Группы критериев оценки оригинальности

Группа критериев	Подгруппа показателей	Единичный показатель
1. Внешнее видоизменение (ВВ)	Информационная выразительность (ИВ)	1. Колористическое решение 2. Форма 3. Авторский подход 4. Соответствие моде
	Рациональность формы (РФ)	1. Эргономическое решение 2. Функционально-конструктивное решение
	Совершенствование исполнения (СИ)	1. Чистота контуров 2. Тщательность покрытий, отделки и исполнения 3. Четкость исполнения документации
	Стабильность товарного вида (СТВ)	1. Устойчивость к повреждениям 2. Сохраняемость внешнего вида
	Упаковка (У)	1. Внешнее изменение упаковки 2. Соответствие размеров упаковки размерам объекта 3. Надежность
2. Изменение внутреннего состояния и содержимого	Совершенствование исполнения (СИ)	1. Конструктивно-технологическое решение 2. Совершенствование технологии 3. Создание новых функций и возможностей 4. Использование нового материала
	Авторское исполнение (АИ)	1. Авторский подход 2. Эргономичность 3. Соответствие назначению
3. Изменение способа применения (СП)	Способ применения (НСП)	1. Способ применения 2. Нахождение новой функции для применения
	Область применения (НОП)	1. Область применения 2. Выход на новый рынок

Основные положения. В соответствии с предложенным перечнем критериев оценку оригинальности можно представить с помощью следующего выражения:

$$O_p = ВВ + ВС + СП, \quad (1)$$

где Op – оригинальность объекта; $ВВ$ – внешнее видоизменение; $ВС$ – изменение внутреннего состояния и содержимого; $СП$ – изменение способа применения.

$$ВВ = (ИВ + РФ + СИ + СТВ + У), \quad (2)$$

где $ИВ$ – информационная выразительность; $РФ$ – рациональность формы; $СИ$ – совершенствование исполнения; $СТВ$ – стабильность внешнего вида; $У$ – упаковка.

$$ИВ = (КР + \Phi + АП + СМ), \quad (3)$$

где $КР$ – колористическое решение; Φ – форма; $АП$ – авторский подход; $СМ$ – соответствие моде.

$$РФ = (\mathcal{E}Р + \PhiКР), \quad (4)$$

где $\mathcal{E}Р$ – эргономичное решение; $\PhiКР$ – функционально-конструктивное решение.

$$СИ = ЧК + ТПОИ + ЧИД, \quad (5)$$

где $ЧК$ – четкость контуров; $ТПОИ$ – тщательность покрытий, отделки и исполнения; $ЧИД$ – четкость исполнения документации.

$$СТВ = УП + СВВ, \quad (6)$$

где $УП$ – устойчивость к повреждениям; $СВВ$ – сохраняемость внешнего вида.

$$У = ВИУ + СРО + Н, \quad (7)$$

где $ВИУ$ – внешнее изменение упаковки, $СРО$ – соответствие размеров упаковки размерам объекта, $Н$ – надежность.

$ВВ$ объекта не подразумевает под собой развития научно-технического прогресса, а является псевдоинновацией. Обычно создается как маркетинговый ход, в целях поддержания интереса потребителя к компании или продукции, а также привлечения новых клиентов.

$$ВС = СИ + АИ, \quad (8)$$

где $СИ$ – совершенствование исполнения; $АИ$ – авторское исполнение.

$$СИ = КТР + СТ + СНФВ + ИНМ, \quad (9)$$

где $КТР$ – конструктивно-технологическое решение; $СТ$ – совершенствование технологии; $СНФВ$ – создание новых функций и возможностей; $ИНМ$ – использование нового материала.

$$АИ = АП + \mathcal{E} + СН, \quad (10)$$

где $АП$ – авторский подход; \mathcal{E} – эргономичность; $СН$ – соответствие назначению.

$ВС$ проводят разработчики, когда хотят усовершенствовать свой продукт, привлечь новых клиентов, продлить жизненный цикл. Чаще

всего это является улучшающей инновацией, которая не препятствует научно-техническому прогрессу

$$СП = НСП + НОП, \quad (11)$$

где НСП – способ применения; НОП – область применения.

$$НСП = РИСП + ННФП, \quad (12)$$

где РИСП – ранее неиспользованные способы применения; ННФП – нахождение новой функции для применения.

$$НОП = РЗОП + ВНР, \quad (13)$$

где РЗОП – ранее не затрагиваемая область применения; ВНР – выход на новый рынок.

СП обычно проводится для увеличения клиентской базы компании-производителя. Потребитель-предприятие применяет этот показатель оригинальности для увеличения производственных мощностей и повышения эффективности работы предприятия (она во многом зависит от использования ресурсов).

Методика оценки оригинальности объекта исследования подразумевает привлечение экспертов в процедуре идентификации отличительных свойств исследуемого объекта и непосредственно в самом процессе измерения. Используются два способа экспертного метода: целостный и комплексный. По результатам проведения оценки оригинальности объекта исследования можно отнести совокупность его внутренних свойств к определенному состоянию.

Каждый единичный показатель можно расписать по критериям с определенными баллами:

- достаточная характеристика – 5 баллов;
- практически достаточная характеристика – 4 балла;
- удовлетворительная характеристика, изменения недостаточны – 3 балла;
- изменения есть, но крайне малы – 2 балла;
- изменений практически нет – 1 балл;
- изменений нет – 0 баллов.

Значение уровня оригинальности объекта варьируется: $0 \leq Op \leq 5$.

Шкала оценки оригинальности:

$4 \leq Op \leq 5$ – объект имеет достаточно высокий показатель оригинальности, потребность рынка в новом продукте полностью удовлетворена;

$3 \leq Op \leq 4$ – оригинальности продукта имеет среднее значение, спрос частично удовлетворен;

$2 \leq Op \leq 3$ – свойство оригинальности присуще объекту, но не удовлетворяет потребителей в полной мере;

$1 \leq Op \leq 2$ – оригинальности объекта практически нет, потребность рынка не удовлетворяется;

$0 \leq Op \leq 1$ – у объекта отсутствует свойство оригинальности.

Согласно [2] промышленный образец – художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид, а существенными признаками патентоспособности являются новизна и оригинальность. К существенным признакам промышленного образца относятся признаки, определяющие эстетические и эргономические особенности внешнего вида изделия, в частности, форма, конфигурация, орнамент и сочетание цветов. Объект, имеющий уровень оригинальности, равный $3 \leq Op \leq 5$, может быть приравнен к промышленному образцу, а значит, иметь правовую защиту путем патентования. Патент защитит авторство создателя от неправомерного копирования и имитации.

Целостная оценка оригинальности объекта заключается в том, что эксперты на основании художественно-конструкторского анализа и сопоставления с аналогами или с предшествующей версией объекта дают определенное заключение на основании обобщенного показателя оригинальности (K_{ij}). Его можно получить с помощью методик ранжирования, попарного сопоставления, либо оцениванием в баллах. Для проведения комплексной оценки составляют список единичных показателей оригинальности (табл. 2) и создают шкалу оценок. Эксперты присваивают каждому показателю численное значение.

Среднюю величину каждого показателя рассчитывают по формуле

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^n K_{ij}}{n}, \quad (14)$$

где K_{ij} – балльное значение i -го показателя, назначенное j -м экспертом; n – количество экспертов. Среднее значение коэффициентов весомости каждого показателя рассчитывают как

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{n}, \quad (15)$$

где a_{ij} – коэффициент весомости i -го показателя, поставленный j -м экспертом; m – количество показателей.

Комплексный показатель оригинальности каждого эксперта – сумма произведений средних значений величин каждого показателя и их коэффициентов значимости:

$$K_{kj} = \sum_{i=1}^m K_{ij} a_{ij}. \quad (16)$$

Обобщенный показатель – среднееарифметическое значение комплексных показателей всех экспертов:

$$K_k = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ij}}{n}. \quad (17)$$

Полученное значение считается итоговым для комплексной оценки, если коэффициент вариации K_{kj} не больше 0,26.

Окончательное значение обобщенного взвешенного показателя оригинальности каждого эксперта можно рассчитать:

$$K_{oppk} = \frac{K_{\psi i} + K_{kj}}{2}, \quad (18)$$

где $K_{\psi i}$ – обобщенный показатель оригинальности, полученный целостной оценкой. На основе всех проведенных расчетов находится итоговое значение оригинальности:

$$K_{op} = \frac{\sum_{n=1}^n K_{okj}}{n}. \quad (19)$$

Вывод. Определены группы критериев оригинальности, разбитые на подгруппы и единичные показатели. Разработана методика оценки оригинальности, на основании которой представляется возможным не только определить уровень оригинальности объекта, но и существенно сократить время оценки патентоспособности.

Библиографический список

1. Назаревич С.А. Первичная оценка потенциального новшества в структуре жизненного цикла научно-технических исследований // Молодой ученый. – 2013. – № 5. – С. 91–94.
2. Гражданский кодекс РФ Статья 1352. Условия патентоспособности промышленного образца [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
3. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции. – М.: Филинь, 2004. – 295 с.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОПРИВОДНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Аспирант Р.А. Мирзаев

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Н.А. Смирнов*
Сибирский государственный аэрокосмический университет, г. Красноярск

Создана компьютерная программа для управления сервоприводами. Программа написана специально для применения в управлении приводах пространственных механизмов с параллельной кинематикой. Реализована возможность синхронного перемещения по нескольким координатам.

Ключевые слова: системы автоматического управления; сервопривод; параллельная кинематика; пространственные механизмы.

ALGORITHMIC SUPPORT OF CONTROL OF MANY DRIVING MECHANISM

Graduate Student R.A. Mirzaev

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *N.A. Smirnov*
Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk

We have created a computer program to control the servo. The program is written specifically for use in the management of spatial arrangements of drives with parallel kinematics. We have the possibility of simultaneous movement on several coordinates.

Keywords: automatic control system; servo; parallel kinematics; spatial mechanisms.

В настоящее время является перспективным применение роботов-манипуляторов на основе механизмов параллельной кинематики. Применение механизмов параллельной структуры эффективно в механической обработке изделий сложной формы (например, штампов, пресс-форм, лопаток турбин и т.д.), когда требуется перемещение инструмента по пяти-шести координатам [1].

Достоинствами манипуляторов, построенных на основе параллельных механизмов, являются большая точность и жесткость, высокие рабочие нагрузки по сравнению с традиционными роботами-манипуляторами [2]. Применение механизмов параллельной структуры невозможно без создания систем автоматического управления ими.

В данной работе создана программа, управляющая тремя сервоприводами с компьютера. Объектом управления является дельта-механизм – один из разновидностей механизмов параллельной структуры. В данном механизме имеется три привода вращательного перемещения. Решение обратной задачи кинематики манипуляторов должно быть проведено до использования программы [3]. В программу вводятся данные о требуемых углах положения трех приводов. Заданные данные о положении приводов преобразуются, и на их основе генерируются управляющие сигналы.

Далее они передаются через USB-порт к аппаратному преобразователю USB-UART на микросхеме CP2102. Далее управляющие сигналы поступают на контроллер сервоприводов, созданный на базе микроконтроллера *Atmega16*, который генерирует ШИМ-сигналы к сервоприводам.

Реализована возможность синхронного перемещения по нескольким координатам с заданной скоростью. Сначала пользователь вводит данные о требуемом положении или данные берутся из файла программы. Блок-схема процедуры синхронного перемещения трех приводов приведена на рис. 1.

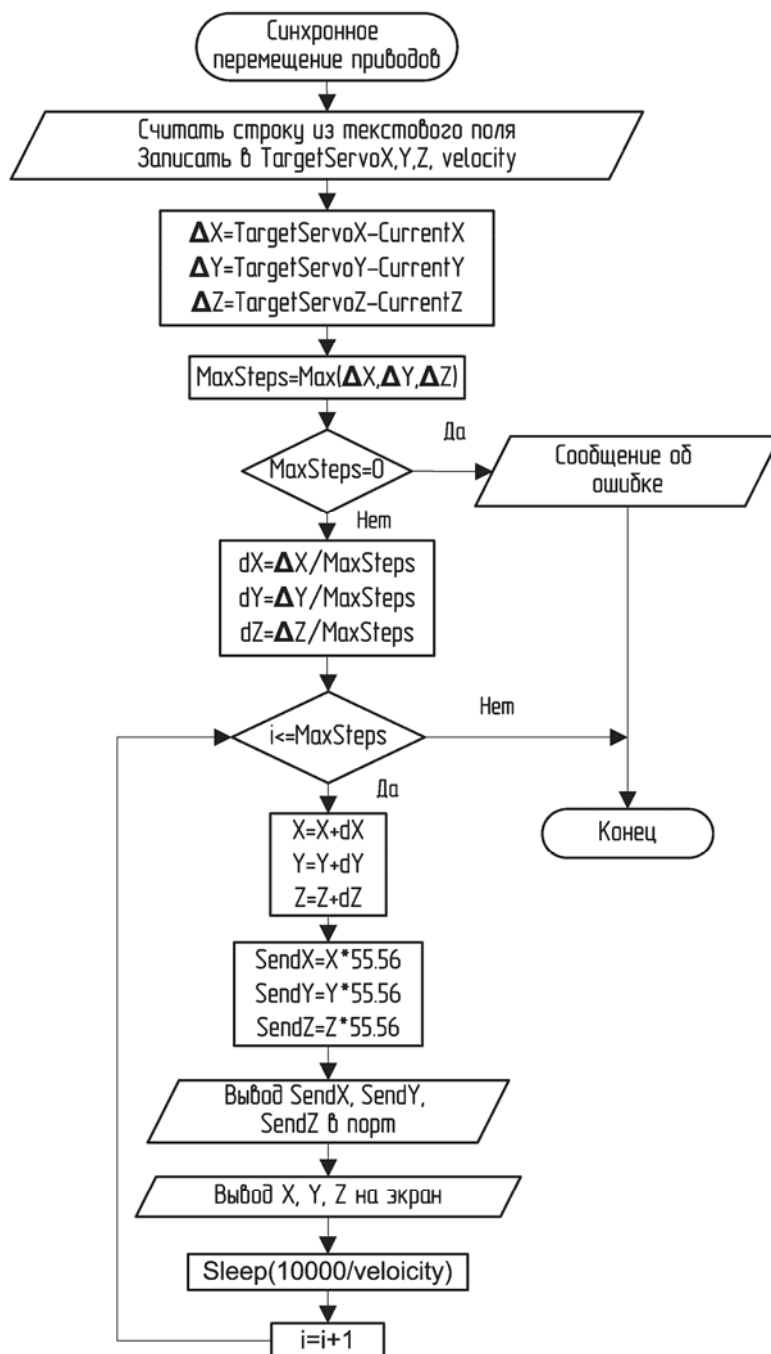


Рис. 1. Блок-схема процедуры синхронного перемещения

Помимо одновременного перемещения нескольких приводов пользователь может управлять каждым сервоприводом в отдельности, перемещая его в крайние положения, в среднее положение, в заданное положение, по шагам. Интерфейс управляющей программы представлен на рис. 2.

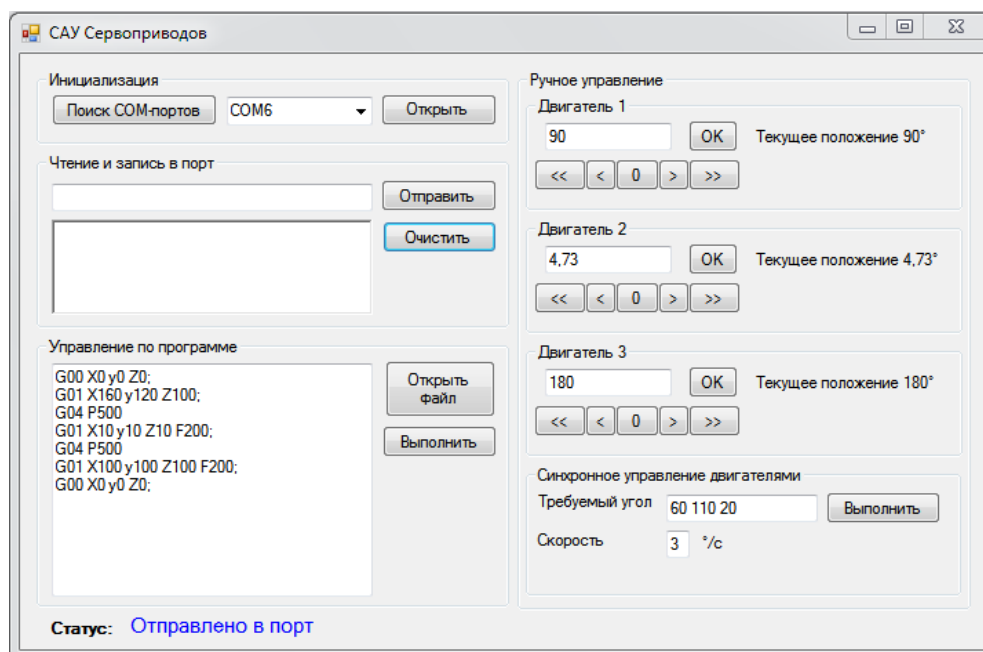


Рис. 2. Интерфейс программы управления сервоприводами

При создании компьютерной программы управления сервоприводом были поставлены и решены следующие задачи:

- принимать от пользователя или из файла данные о требуемых перемещениях сервоприводов;
- рассчитывать количество шагов;
- отправлять управляющие сигналы (номер двигателя, требуемое положение) в порт компьютера.

Библиографический список

1. Волкоморов С.В., Карпенко А.П., Лелетко А.М. Оптимизация угловых и линейных размеров одно- и двухсекционного манипуляторов параллельной кинематики [Электронный ресурс]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/154452.html> (дата обращения: 10.08.2013).
2. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Разработка манипуляционных механизмов параллельно-перекрестной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. – М.: Наука, 2008. – № 2. – С. 100–110.
3. Мирзаев Р.А., Смирнов Н.А., Смирнов А.Н. Расчет параметров движения приводов механизма параллельной структуры // Вестник СибГАУ. – 2011. – № 5. – С. 62–64.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ НЕРЕГУЛЯРНОГО ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНЫХ ФОРМ ПРИ ФИГУРНОМ РАСКРОЕ-УПАКОВКЕ

Аспирант А.С. Мезенцев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

В статье приведены классификации задач раскроя-упаковки и проведен обзор существующих методов и подходов решения задач фигурного нерегулярного раскроя-упаковки при размещении деталей сложных форм.

Ключевые слова: задача раскроя-упаковки, классификация, сложная форма деталей, фигурный нерегулярный раскрой.

APPROACHES TO SOLVE IRREGULAR OPTIMAL PLACEMENT OF COMPOUND DETAILS IN NESTING-BOX PROBLEM

Graduate Student A.S. Mezencev

Perm National Research Polytechnic University

The article presents the classification of nesting-box problems and a review of existing methods and approaches to solve irregular optimal placement of compound details.

Keywords: nesting-box problem, classification, compound forms of details, irregularly shaped cutting.

Проблема экономии ресурсов актуальна для всех сфер человеческой деятельности. В тяжелой промышленности, в частности металлургии, наиболее полно отражена важность поиска оптимального решения поставленной задачи. Для предприятий данной сферы задача оптимального раскроя сводится к разработке таких технологически допустимых карт раскроя, при которых получается необходимый комплект заготовок деталей, при этом достигается минимизация отходов материалов по площади, весу и стоимости.

Задачи такого рода объединены под термином «задача раскроя-упаковки» (РУ) и относятся к классу NP-трудных (от англ. nondeterministic polynomial), т.е. переборная вычислительная сложность задачи не позволяет находить точное решение для достаточного количества геометрических объектов за приемлемое время.

Классификация задач раскроя-упаковки. В общем случае выделяют одномерные, двумерные и трехмерные задачи Р-У. Общая классификация задач раскроя-упаковки представлена в работе [1] и на рис. 1.

Однако темой исследования данной статьи является фигурный нерегулярный раскрой-упаковка, принадлежащий к классу двумерных проблем Р-У.



Рис. 1. Общая классификация задач раскроя-упаковки (P-U)

Для фигурных задач P-U (нестинг) характерны геометрические объекты сложной выпуклой, вогнутой и выпукло-вогнутой форм.

Задачи фигурного нестинга подразделяются на регулярный и нерегулярный раскрой-упаковку. Регулярные укладки в пространстве образованы параллельными переносами группы ГО той же размерности на некоторую константу [2], причем все группы объектов одинаково ориентированы к краю листа. Остальные укладки считают нерегулярными. На рис. 2 представлен пример регулярного размещения.

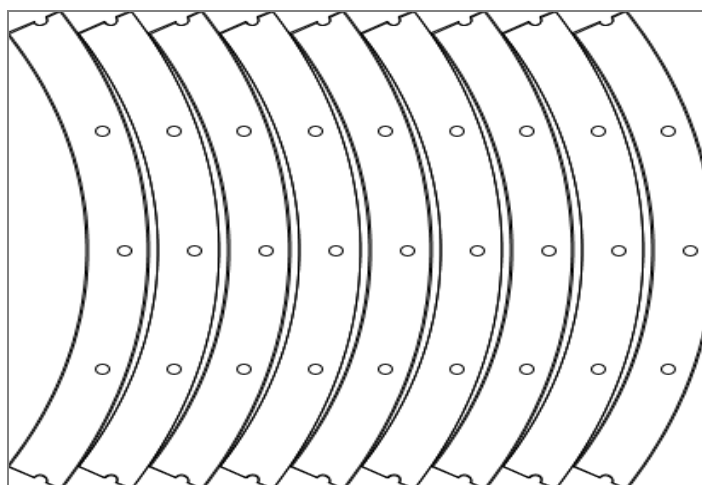


Рис. 2. Регулярное размещение ГО в полосе

Подходы к решению задач нерегулярного фигурного раскроя-упаковки. Задача регулярного размещения ГО представляет малозначительный интерес для современной промышленности. Для ее решения используют метод аппроксимации и декомпозиции, относящийся к точным методам [3]. Данный метод считают универсальным в решении фигурных задач. Однако применение его к классу нерегулярного раскроя затруднено ввиду своей эффективности только при сравнительно небольшом числе ГО, близких по своей форме к элементарным ГО. При увеличении количества

ГО такой метод не позволяет формировать рациональную карту раскроя и перестает отвечать требованиям скорости и надежности работы.

Решение задачи фигурного нерегулярного раскроя точными методами практически невозможно. Наибольшая сложность получения решений нерегулярного раскроя заключается в сложности достижения точного результата ввиду сложности ГО. При попытке получения точного решения таких задач приходится прибегать к сложному математическому аппарату, как, например, в работе академика Ю.Г. Стояна [4] или методе разбиения и оценивания V.J. Milencovic [5].

В настоящее время ведется активный поиск новых эффективных алгоритмов и подходов к решению задачи нерегулярного размещения ГО. Классификация основных существующих методов для нерегулярного раскроя-упаковки геометрических объектов представлена на рис. 3.

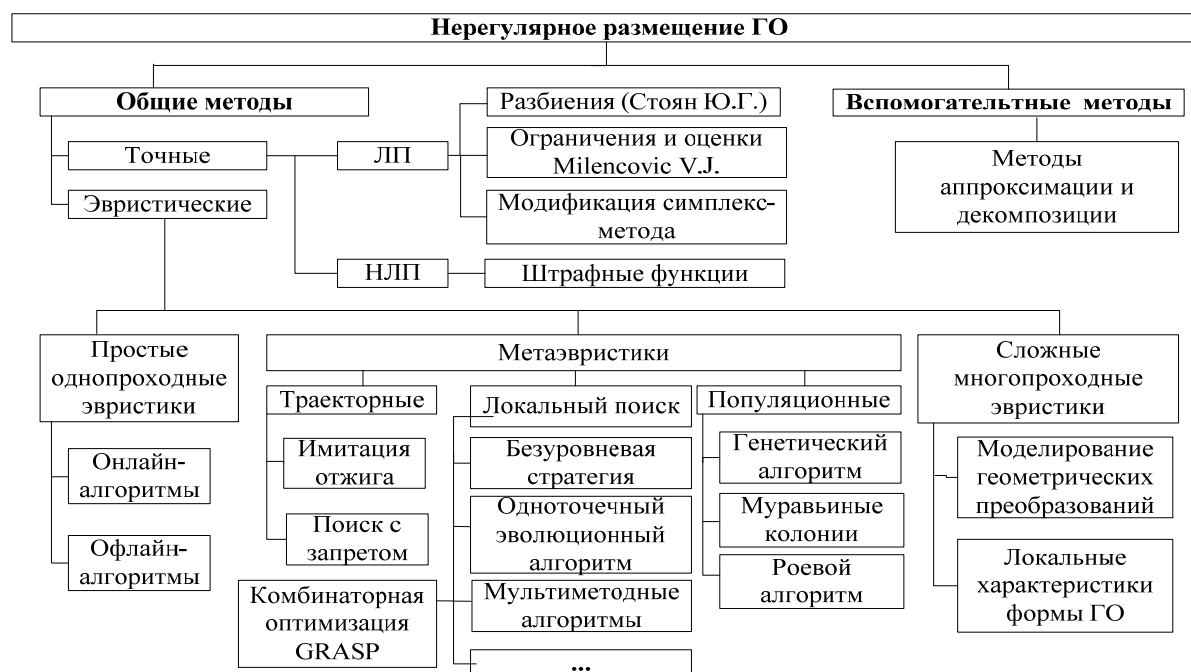


Рис. 3. Классификация основных подходов для задачи нерегулярного раскроя-упаковки ГО

Для решения проблемы нерегулярного фигурного раскроя часто применяют эвристические методы [6]. В настоящее время в классе эвристических методов разработано большое количество разнообразных подходов, применяемых для решения задач нерегулярного размещения ГО. В случае применения эвристического метода на единице операции решения оперируют геометрическими преобразованиями каждого отдельно взятого ГО. Среди таких методов наибольшей популярностью пользуются имитация отжига, генетический алгоритм, поиск с запретами [7]. Имитация отжига и поиск с запретами характеризуются «прокладыванием» маршрута в пространстве поиска,

который является последовательностью решений, где каждое решение является соседним для предыдущего относительно некоторой окрестности. В генетическом алгоритме для нахождения очередного нового решения используются процедуры скрещивания и целенаправленных мутаций (изменений, происходящих случайным образом).

В работе [8] предложено к решению задачи нерегулярного раскрытия плоских геометрических объектов использовать метод последовательного уточнения оценок (SVC). К задаче нерегулярной упаковки применение SVC предполагает использование процедуры формирования приоритетного списка ГО по «жадному» принципу вместо жестко зафиксированного списка.

В работе [9] для решения задачи нерегулярного размещения предложен алгоритм метода комбинаторной оптимизации GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures). GRASP представляет собой итерационный процесс, в котором каждая итерация состоит из стадии конструирования возможного решения и стадии локального поиска с нахождением локального поиска в окрестностях построенного решения. Более подробно данный алгоритм описан в [10]. Идея алгоритма локального поиска заключается в следующем: схожие решения часто ведут себя подобным образом, поэтому даже незначительные модификации решений обычно влекут небольшие и объяснимые изменения в их качестве, что позволяет получить хорошие решения.

Авторами [11] предложен гибридный алгоритм оптимального размещения лекал, совмещающий в себе идеи муравьиных колоний и «жадной» стратегии. Основной идеей алгоритма является совмещение фигур по прямым линиям. Идеи метода муравьиной колонии основаны на сборе статической информации о наиболее удачных найденных решениях.

В работе [12] при решении задач нерегулярного фигурного раскрытия наряду с общеизвестной аппроксимацией прямоугольниками предлагается объединение фигурных объектов в блоки или куски (bit), где под блоком понимается набор деталей, положения которых зафиксированы относительно друг друга. На рис. 4 представлены способы формирования bit.

В работах авторов [13] и [14] сформулирован алгоритм анализа локальных характеристик формы геометрических объектов. Данный метод относится к сложным многопроходным эвристикам (см. рис. 2). Идея данного алгоритма заключается в стыковке двух деталей (выпуклой и вогнутой) только по трем последовательным ребрам, при этом деталь аппроксимируется многоугольником. Далее методом перебора выбираются три «лучших» ребра, если произошло пересечение деталей, то выполняется

процедура сдвига по направлению биссектрисы одного из углов. Алгоритм решает проблему фиксированного количества положений и ориентаций ГО на заданной плоскости.

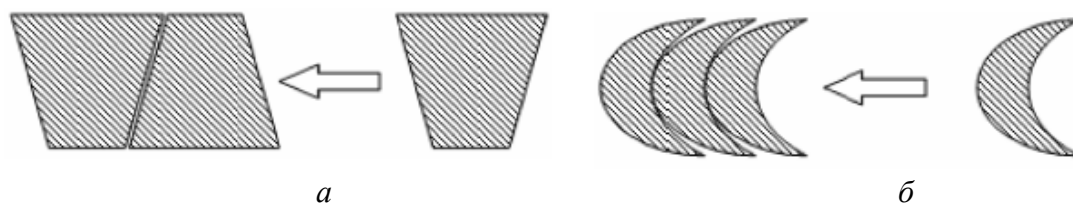


Рис. 4. Способы формирования bit: *a* – с поворотом деталей;
б – без поворота деталей

На данный момент времени для решения задачи нерегулярного размещения геометрических объектов наиболее перспективным является адаптация метаэвристических методов локального поиска в комбинации с методами моделирования геометрических преобразований, основанных на выполнении условий взаимного непересечения [8], [15]. Применение параметрических рациональных сплайнов и примитивов для анализа локальных характеристик форм границ ГО в односвязной и многосвязной областях является малоизученным метаэвристическим методом плотного размещения ГО.

Заключение. После изучения существующих методов в области решения задач нерегулярного фигурного раскроя-упаковки авторы данной работы пришли к выводу, что наиболее приемлемым подходом к решению задачи нестинга являются группировка гетерогенных геометрических объектов с учетом локальных форм границ и накопление сформированных таким образом блоков для последующего размещения на заданной плоскости. Такой подход является малоизученным и новым в разработке алгоритмов для задачи раскроя-упаковки и гарантирует максимально возможное плотное размещение гетерогенных деталей.

Библиографический список

1. Dykhoff Н. A typology of cutting and packing problems // European Journal of Operational research. – 1990. – Vol. 44. – P. 145–159.
2. Месягутов, М. А. Задача двухмерной ортогональной упаковки: поиск нижней границы на базе решения одномерной продолженной упаковки // Информационные технологии. – М., 2010. – № 6. – С. 13–23.
3. Петренко С.В. Оптимизация размещения двумерных геометрических объектов на анизотропном материале с использованием методов математического программирования: дис. канд. техн. наук 05.15.18: защ. 22.12.2005. – Уфа, 2005. – 115 с.

4. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 1986. – 286 с.
5. Milenkovic V.J., Daniels K. Translational polygon containment and minimal enclosure using mathematical programming. – I TOR special issue with papers from IFORS'96. – 1996. – 30 p.
6. Валеева А.Ф., Тоцков И.Е. Решение задачи трехмерной упаковки // Комплексный анализ, дифференциальные уравнения, численные методы и приложения. Применение численных методов. Геометрические задачи: тр. междунар. конф. / ИМВЦ УНЦ РАН. – Уфа: 1996. – С. 30–36.
7. Кочетов Ю.А. Методы локального поиска для дискретных задач размещения: автореф. д-ра физ.-мат. наук. – Новосибирск, 2009. – 30 с.
8. Верхотуров М.А.. Задача нерегулярного раскроя плоских геометрических объектов: моделирование и расчет рационального раскроя // Информационные технологии. – 2000. – № 5. – С. 37–42.
9. Об одной реализации автоматизированной системы нерегулярного раскроя листового материала на заготовки сложных форм / М.А. Верхотуров, Е.В. Логинов, О.В. Лохматов, С.В. Петренко // Международная конференция ИСТ' 2003. – URL: <http://ermak.cs.nstu.ru/ist2003/papers/verhoturov.pdf>, свободный (дата обращения: 15.01.2013).
10. Greedy randomized adaptive search procedures / G.C. Mauricio [и др.]. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www2.research.att.com/~mgcr/doc/sgrasp-hmeta.pdf> (дата обращения: 01.05.2012).
11. Волченко Е.В., Дрозд И.В. Гибридный алгоритм оптимального размещения лекал // Вісник Хмельницького національного університету. Сер. Технічні науки. – 2009. – № 1. – URL: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Vchnu_tekh/2009_1/zmist.files/47.pdf
12. Петунин А.А., Мухачева Э.А., Филиппова А.С. – Метод прямоугольной аппроксимации для решения задач нерегулярного фигурного раскроя-упаковки // Информационные технологии. – № 1. – 2008. – С. 28–31.
13. Lamousin H., Waggenspack W. Nesting of two-dimensional irregular parts using a shape reasoning heuristic // Computer-Aided Design. – 1997. – Vol. 29, № 3.
14. Алгоритм группировки геометрических объектов при автоматическом раскрое листового материала с использованием локальных характеристик формы / М.А. Чертов, Г.Е. Руденский, С.Г. Псахье, А.В. Скворцов // Вычислительные технологии. – 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 93–102.
15. Sykora A.M. Nesting problems: exact and heuristic algorithms // A Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the University of Valencia. – 2010. – 187 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА РАСЧЕТА СТОИМОСТИ РЕЗКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Студентка гр. АСУ-12-3м А.В. Буркова

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

Рассмотрена модель бизнес-процесса расчета стоимости резки при выполнении технологической операции раскроя-упаковки листового материала.

Ключевые слова: резка, стоимость, расчет, листовый материал, бизнес-процесс.

DEVELOPMENT MODEL OF BUSINESS PROCESS FOR CALCULATION OF COST CUTTING SHEET MATERIAL

Student of group ACU-12-3m A.V. Burkova

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *R. T. Murzakaev*
Perm National Research Polytechnic University

The article deals with a model of business process calculation for cost cutting in the performance of technological operations nesting-box of sheet material.

Keywords: cutting, cost, calculation, sheet material, business process.

Современные предприятия заинтересованы в экономии имеющихся материальных ресурсов. Рациональное расходование материалов является важным резервом увеличения выпуска и снижения себестоимости продукции. Все это требует совершенствования системы технологической подготовки раскроя промышленных материалов.

В машиностроении и других отраслях промышленности существенная часть продукции изготавливается из заготовок, получаемых из листовых материалов на различном технологическом оборудовании. К такому оборудованию относятся, в частности, станки с числовым программным управлением для лазерной, плазменной, газовой (кислородной), электроэрозионной и гидроабразивной резки материала [1].

Для предприятий, использующих такое оборудование, внедрение современных информационных технологий для раскроя материалов – задача из числа самых актуальных. Сокращение сроков подготовки программ раскроя, оптимальное размещение деталей на листе, меньший расход материала решающим образом влияют на себестоимость и качество выпускаемой продукции.

На сегодняшний день оборудование по резке листового металла с ЧПУ позволяет изготавливать детали нестандартной формы, а современное программное обеспечение позволяет свести остатки материала при резке металла на данном оборудовании к минимуму.

Различают три способа резки листового металла: прямолинейный, криволинейный, смешанный. Основные виды резки листового металла, часто применяемые на российских предприятиях: плазменная резка, воздушно-плазменная резка, лазерная резка, газовая резка, газокислородная резка, водоструйная резка: гидрорезка и гидроабразивная резка, гильотина, ленточно-пильная резка.

Перечисленные виды и способы резки применяются на практике. В настоящее время ученые разрабатывают новые способы: установки для резки металла с помощью электромагнитного импульса (разработчики из Германии), работающие быстро, бесшумно и не оставляющие следов. Также проводятся эксперименты по резке с помощью ультразвука. Новаторы производства, целые коллективы соревнуются за комплексную экономию сырья и металла, за уменьшение припусков, минимизацию пути режущего инструмента, за сокращение расхода топлива и электроэнергии [2].

В статье описан бизнес-процесс расчета стоимости резки листовых материалов для разработки модуля «Расчет стоимости резки листового материала» программного комплекса раскроя листовых материалов «*Itas Nesting*».

Программный комплекс раскроя листовых материалов *Itas Nesting*, разрабатываемый на кафедре ИТАС ПНИПУ, состоит из следующих модулей:

- «База данных»,
- «Формирование задания на раскрой»,
- «Формирование карт раскроя»,
- «Редактирование карт раскроя»,
- «Формирование протокола и отчета»,
- «Конфигуратор станков».

Для программной реализации модуля «Расчет стоимости резки материалов» требуются исследование существующего бизнес-процесса расчета резки на предприятиях и моделирование бизнес-процесса калькуляции резки с применением программного комплекса *Itas Nesting*.

В настоящее время на предприятиях складывается ситуация, когда существующие готовые программные продукты для учета заказов не включают в себя возможности расчета стоимости заказа, применимого для имеющегося оборудования. Используемые на предприятиях CAD/CAM-системы для создания управляющих программ (NC-программ) позволяют сделать расчет стоимости, но не позволяют отслеживать статус заказа, не формируют необходимых отчетов. Кроме того, для расчета в этих программах необходимо создать векторный чертеж детали, разложить детали в листе, создать

NC-программу, что значительно увеличивает время расчета. К тому же лицензия к CAD/CAM-системам, поставляемая совместно с каждой единицей оборудования, разрешает использование программного обеспечения только на одном компьютере. Стоимость лицензии на один персональный компьютер составляет около 300–400 тысяч рублей.

Наибольшее распространение и применение на предприятиях получили программные комплексы *Lantek Expert*, *Mazak Smart System*, *Linatrol*, *Wrykles*. Первоочередная их задача – создание управляющих программ для станков с ЧПУ. *Lantek Expert* и *Wrykeles* обладают мощными средствами расчета стоимости как отдельной детали, так и полностью всего заказа.

Стоимость выполнения технологической операции резки при раскрое материалов зависит от трех основных факторов:

- длины пути холостого хода,
- длины пути реза,
- количества точек врезки.

Эти параметры не являются независимыми [2]. Так, сокращение количества точек врезки приводит к небольшому увеличению пути реза за счет перемещений между контурами без выключения режущего инструмента. Увеличение количества точек врезки приводит к тому, что перемещение между контурами может производиться с поднятым режущим инструментом, что позволяет перемещаться по кратчайшему пути, даже если при этом пересекаются ранее вырезанные участки. Длины путей холостого хода и реза также связаны между собой. При увеличении пути реза путь холостого хода может сокращаться и наоборот. Длина пути реза ограничена снизу суммой периметров всех вырезаемых контуров. Исключением может быть ситуация с использованием подхода общего реза (совмещенного), при котором за один проход может быть прорезана общая граница двух (или более) контуров. В этом случае длина пути реза может быть несколько меньше суммы периметров контуров.

Существующие виды резки: совмещенный рез, резка нескольких заготовок без выключения резака (цепная резка), резка несколькими суппортами, резка трехрезаковым блоком для получения фасок под сварку, резка «змейкой» (частный случай цепной резки), резка с перемычками, резка с использованием «мостов» и другие [3].

Выделяют три основных подхода, направленных на дополнительное снижение стоимости фигурного раскроя и осуществляемых путем сокращения количества точек врезки: цепная резка, «мосты» и общий рез.

Для разработки программного модуля в программном комплексе *Itas Nesting* раскроя листовых материалов требуется разработать бизнес-процесс расчета стоимости резки листового материала и выделить ключевые параметры, необходимые при выполнении операции калькуляции стоимости резки. Важно отметить, что суммарная стоимость выполнения раскроя листового материала (конкретного заказа) состоит не только из стоимости резки, но также и из стоимости самого материала, амортизационных отчислений, смены запасных частей на технологическом оборудовании, услуг электроэнергии, заработной платы технологов и операторов и других показателей. В данной статье рассматриваются составляющие именно для расчета стоимости резки материала.

Модель существующего бизнес-процесса расчета стоимости резки листового материала на предприятии можно представить в следующем виде (рис. 1). В расчетный отдел предприятия поступает заявка на раскрой от заказчика. Сотрудники расчетного отдела подготавливают оперативный расчет примерной стоимости заказа. Далее результат расчета стоимости раскроя и резки передается заказчику, после чего идет подтверждение либо отказ от выполнения заказа раскроя на данном предприятии.

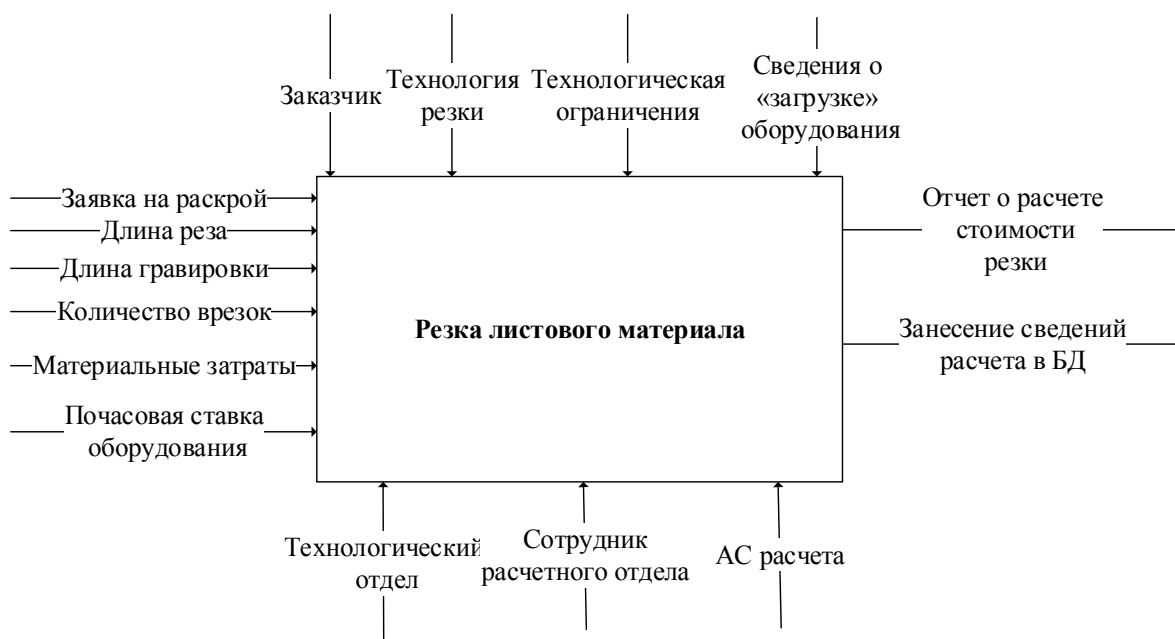


Рис. 1. Контекстная диаграмма «Расчет стоимости резки»

В модели бизнес-процесса расчета стоимости резки нового заказа (заявка на раскрой) необходимо учитывать:

- количество пробоев (врезок);
- длину реза;
- длину гравировки;

- материальные затраты;
- почасовую ставку оборудования;
- стоимость расходных материалов на основе технологических данных оборудования.

Указанные выше параметры являются обязательными для программного модуля «Расчет резки листового материала».

Как видно из рис. 1, расчет стоимости резки на предприятии производится в отдельной автоматизированной системе расчета и информации никак не связан с программным обеспечением технологического отдела (*Lantec, Mazac* и др.). Разработка программного модуля в комплексе *Itas Nesting* позволит объединить работу технологического и расчетного отделов в едином информационном пространстве обработки заказа и подготовки формирования карты раскроя и дальнейшей работы (рис. 2).

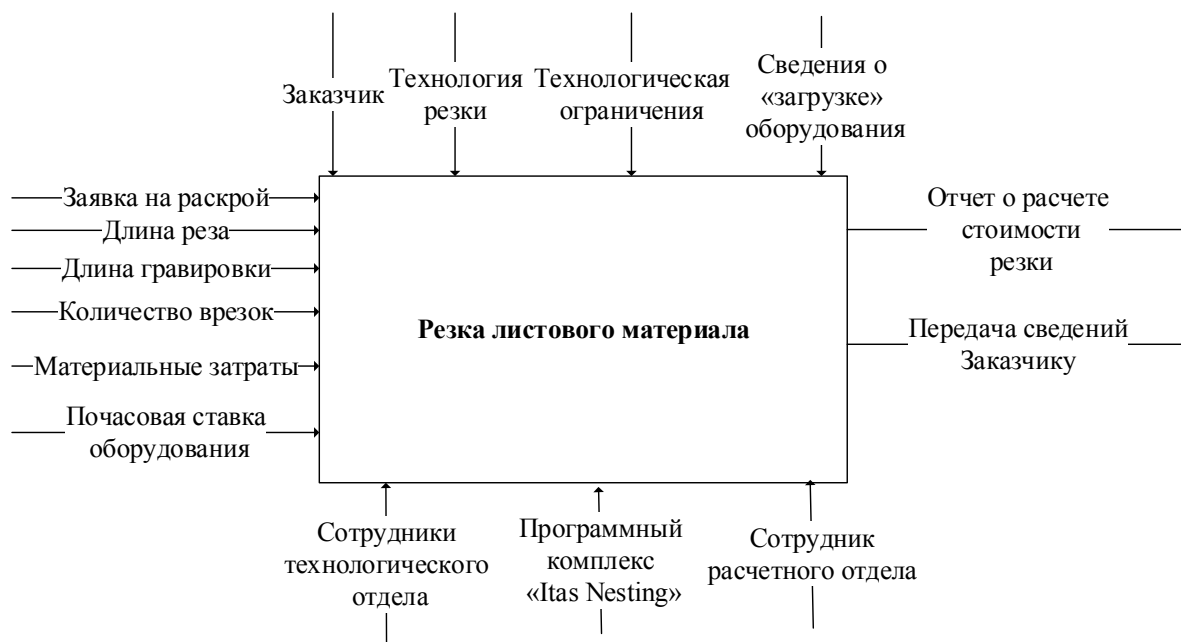


Рис. 2. Контекстная диаграмма бизнес-процесса расчета стоимости резки

Для оптимизации стоимости резки листового материала проводят исследования по оптимизации и минимизации пути режущего инструмента, применения различных техник резки и анализируют их влияние на стоимость. Авторы работы [4] указывают, что в зависимости от используемой технологии и обрабатываемого материала стоимость одной точки врезки (пробоя) может быть как меньше стоимости холостого хода (тонкий, легкий в обработке материал), так и значительно превышать ее (большие толщины либо сложный в обработке материал). В случае больших толщин раскраиваемого материала целесообразно сокращать количество точек врезки за счет некоторого увеличения пути холостого хода и реза.

Таким образом, для реализации модуля «Расчет стоимости резки» программного комплекса *Itas Nesting* были выявлены основные участники технологического процесса, обозначены параметры, требуемые для калькуляции стоимости резки, сформулированы ключевые задачи. Исследование и моделирование бизнес-процессов расчета стоимости резки материала могут быть полезными для разработчиков программных обеспечений раскроя листовых материалов.

Библиографический список

1. Мухачева Э.А., Верхотуров М.А., Мартынов В.В. Модели и методы расчета раскроя-упаковки геометрических объектов. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 1998.

2. Frolovsky V., Pushkaryova G. Metal cutting motion optimization for NC-programs design, using genetic algorithms // Proc. Of the 6 th International Conference 3IA'2003 in Computer Graphics and Artificial Intelligence (May 2003). – Limoges (France), 2003. – P. 143–152.

3. Фроловский В.Д., Пушкарева Г.В. автоматизированное проектирование оптимальных траекторий движений исполнительного инструмента тепловой резки металла на оборудовании с ЧПУ // Информационные системы в технологии: тр. междунар. науч.-техн. конф. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – Т. 1. – С. 149–152.

4. Ганелина Н.Д., Фроловский В.Д. Исследование методов построения кратчайшего пути обхода отрезков на плоскости // Сибирский журнал вычислительной математики. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ ДВУХВАЛЬНОЙ РОТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Ассистент С.В. Семенов, студент гр. АД-12м Г.В. Мехоношин
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

В работе рассматриваются особенности построения информационно-измерительной системы управления экспериментальной модельной двухвальной роторной установкой, позволяющей исследовать явления, обусловленные конструктивными особенностями роторов авиационных двигателей.

Ключевые слова: роторная динамика, двухвальная роторная установка, схемы препарирования, вибропреобразователи, модельная установка, экспериментальные исследования, информационно-управляющая система.

TWIN-SHAFT ROTOR TEST RIG INFORMATION CONTROL SYSTEM

Assistant Lecturer S.V. Semenov,
student of group AD-12m G.V. Mekhonoshin
Perm National Research Polytechnic University

The main features of twin-shaft rotor test rig information control system are described at this paper. The test rig is designed for experimental investigation of GTE constructive-specified effects.

Keywords: rotordynamics, twin-shaft rotor system, mounting scheme, vibration transducer, model set, experimental investigation, information and control system

Разработка авиационных двигателей нового поколения требует комплексного решения проблем, связанных с исключением опасных вибраций. Тенденция снижения массы авиационных двигателей проявляется в снижении жесткости валов и корпусных деталей, что вместе с применением новых конструктивных решений усложняет характер вибрационных процессов и может существенно затруднить решение проблемы снижения вибрации [1]. Мировой опыт разработки ГТД показывает, что проблемы вибрации роторов необходимо решать как можно на более ранних стадиях разработки двигателя, иначе это будет экономически неэффективным. Следовательно, требуются постоянное совершенствование математических моделей, их экспериментальное подтверждение, а также развитие экспериментальных методов исследования вибрационного поведения роторов. С методической точки зрения наиболее эффективным способом решения данных задач представляется использование модельных роторных установок, воспроизводящих исследуемые конструктивные особенности роторов авиационных двигателей. Данный подход позволяет в наиболее явном виде представлять влияние этих конструктивных особенностей на вибрационные характеристики всей роторной системы, упрощая, таким образом, процесс верификации математических моделей [2].

Разработанная модельная экспериментальная установка представляет собой двухвальный роторно-опорный узел с электрическими приводами роторов низкого давления и высокого давления (рис. 1). Конструкция установки позволяет изменять положение опор вдоль оси ротора, расположение нагрузочных дисков и величину дисбаланса с помощью балансировочных грузов, крепящихся с помощью винтов к торцевым поверхностям диска.

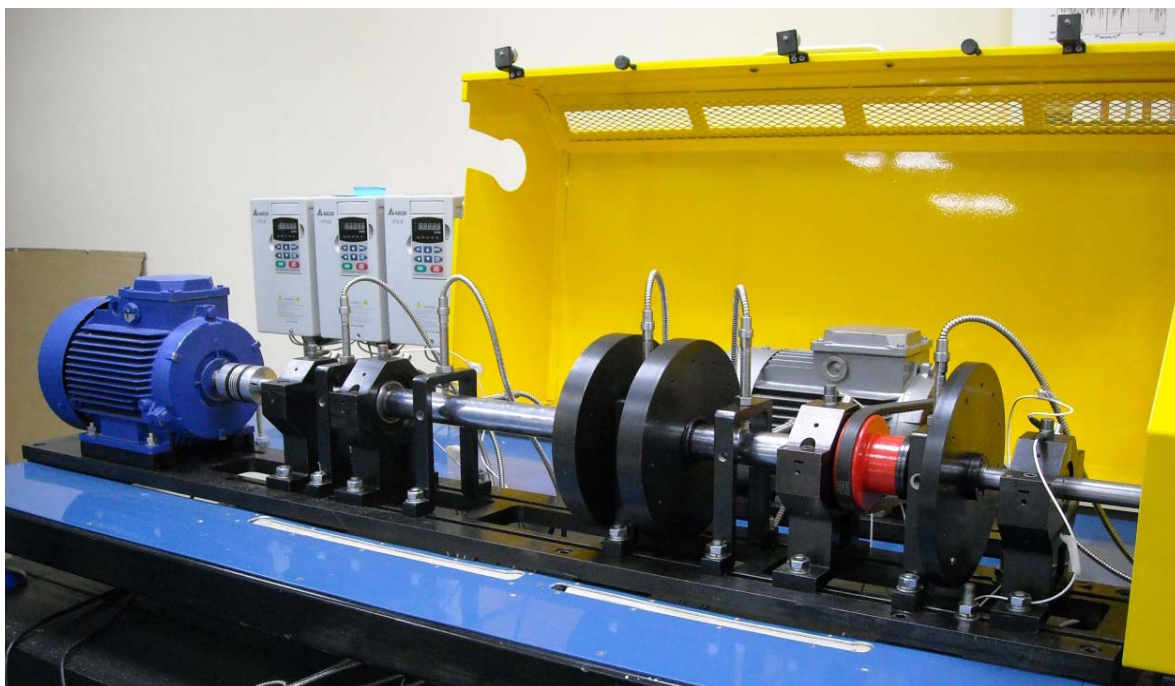


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки с открытым защитным кожухом

Для проведения экспериментального исследования была разработана методика, предусматривающая регистрацию следующих параметров (таблица).

Регистрируемые параметры экспериментальной установки

№ п/п	Регистрируемый параметр	Примечание
1	Виброперемещения валов	В вертикальной и горизонтальной плоскости; в пяти сечениях
2	Виброускорения опор	В вертикальной и горизонтальной плоскости; 4 опоры
3	Частота вращения	Частоты вращения РВД и РНД

Регистрация параметров и управление скоростью вращения ротора осуществляются при помощи информационно-управляющей системы (ИУС, рис. 2). Ее основным элементом является многофункциональный контроллер PXIe-1075 фирмы *National Instruments* (NI).

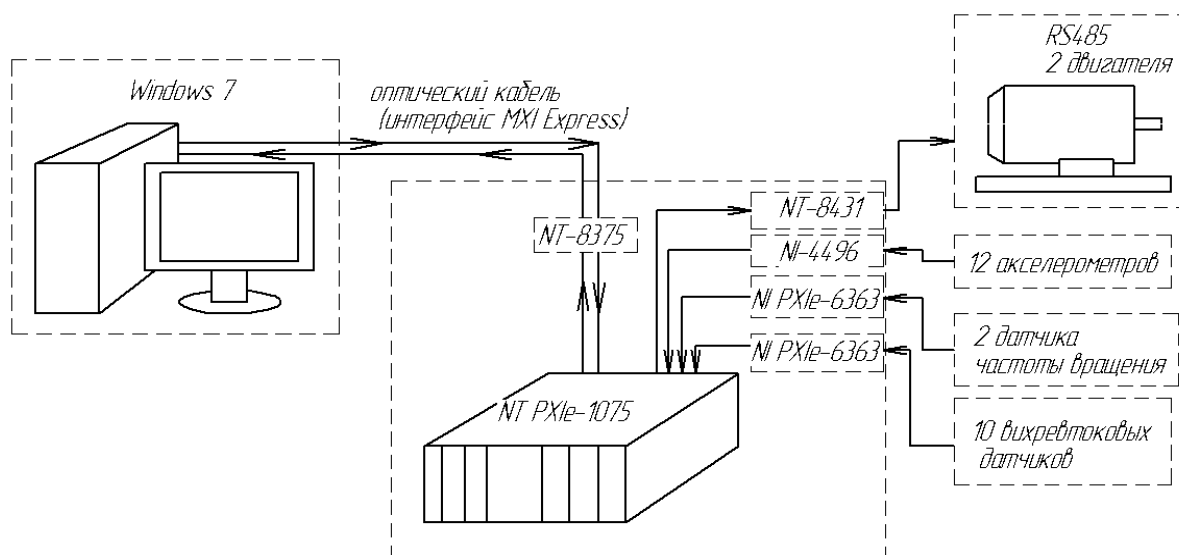


Рис. 2. Структурная схема ИУС на базе контроллера

Контроллер представляет собой многофункциональное шасси, в которое устанавливаются информационно-управляющие платы. Обмен данными внутри шасси производится по шине PXIe. Сбор, обработка данных и управление осуществляются при помощи персонального компьютера с операционной системой *Windows 7* по интерфейсу *MXI Express*. Внешний вид контроллера представлен на рис. 3.

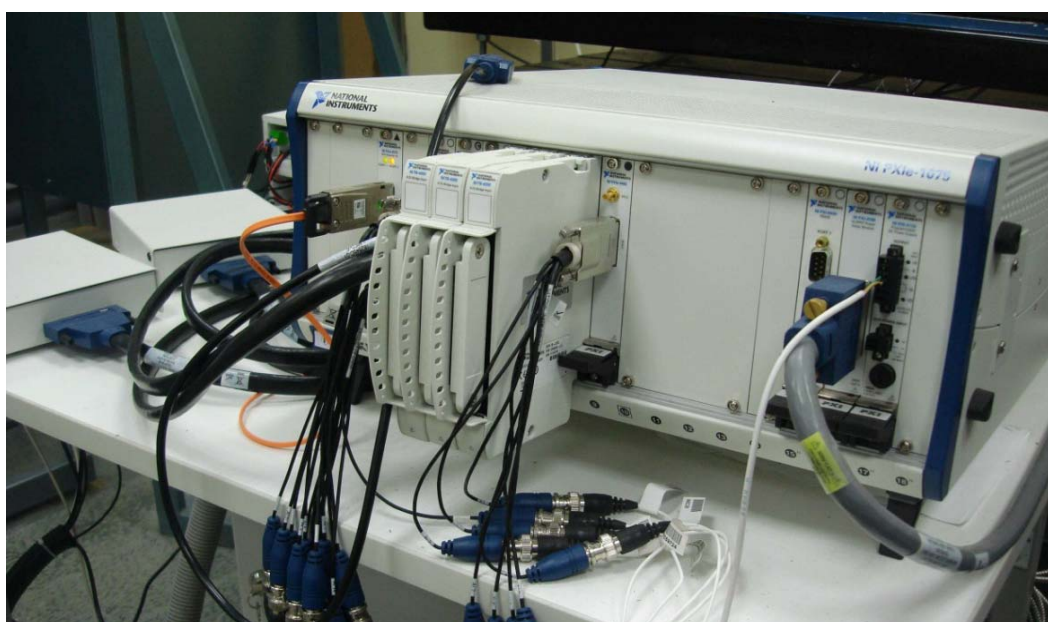


Рис. 3. Внешний вид ИУС на базе контроллера NI PXIe-1075

Вращение роторов ВД и НД экспериментальной установки осуществляется двумя асинхронным электродвигателями. Частота питающего напряжения задается интеллектуальным частотным преобразователем VFD-B для каждого двигателя по отдельности. Данный преобразователь

позволяет варьировать время разгона и закон, по которому он производится. Кроме этого, он может осуществлять плавное торможение электродвигателя в режиме генератора в течение заданного времени. Удаленное управление преобразователем производится по протоколу *Modbus*, что позволяет задавать конечную скорость вращения ротора с помощью платы NI-8431. Связь между контроллером и преобразователем осуществляется по интерфейсу RS-485.

Для сбора и обработки экспериментальных данных используется специально разработанная в среде *LabView* программа. Она позволяет производить управление экспериментом, строить амплитудно-частотные характеристики по регистрируемым параметрам, проводить порядковый анализ сигналов, строить диаграммы Кэмпбелла и орбиты движения валов в радиальном направлении.

Информативность предложенной информационно-измерительной системы управления модельной двухвальной роторной системы была проверена в ряде исследовательских работ [3, 4].

Библиографический список

1. Хронин Д.В. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение. 1989. – 368 с.
2. Muszynska A. Rotordynamics. – Boca raton: Taylor&Francis Group, 2005. – 1074 p.
3. Семенов С.В., Мехоношин Г.В. Экспериментальная верификация математической модели двухвальной роторной системы // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации: материалы XIV Всерос. конф. 20–21 ноября 2013 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013.
4. Семенов С.В., Мехоношин Г.В. Экспериментальное исследование эффективности демпфирования колебаний в двухвальной роторной системы // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации: материалы XIV Всерос. конф.; 20–21 ноября 2013 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОГРАММЫ «РУБЕЖ-МОНИТОР» В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ «РУБЕЖ-08»

Студенты гр. КОБ-11-1 Р.А. Андреев, П.А. Феофилова
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.В. Полшков*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Исследуется организация интегрированной системы безопасности с помощью системы «Рубеж-08». Рассматриваются программы, составляющие систему, и проводится анализ программы «Рубеж-Монитор». Разработана методика работы с программой для более эффективного управления объектами технических средств.

Ключевые слова: интегрированная система безопасности, технические средства, охраняемая зона

FEATURES' ANALYSIS OF THE PROGRAM «RUBEZH-MONITOR» IN INTEGRATED SECURITY SYSTEM «RUBEZH-08»

Students gr. KOB-11-1 Roman Andreev, Polina Feofilova
Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *A.V. Polshkov*
Perm National Research Polytechnic University

In this paper investigated organization of integrated security system with the program "Rubezh-08". Programs making up the system and analysis of the "Rubezh-Monitor" are considered. Development of working methods with the program for more effective management of technical means objects.

Keywords: integrated security system, technical means, protected area.

Интегрированная система безопасности (ИСБ) – совокупность технических средств, предназначенных для построения систем охранной, пожарной сигнализации и оповещения, управления противопожарной автоматикой, контроля и управления доступом и систем телевизионного наблюдения, которые обладают технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью [1]. Интеграция системы в единое целое позволяет более эффективно обеспечивать безопасность объекта, повысить его экономическую эффективность. Существует множество программных комплексов ИСБ, таких как: «Security Wizard» (SW), «Electronica Security Manager» (ESM), «AS10», «OnGuard», «Орион» и многие другие [2]. SW – объединяет все системы в комплекс на основе общей информационной среды и единой базы данных, предназначается для промышленных предприятий, банков, аэропортов и других организаций различного профиля. ESM – программный комплекс, предназначенный для интеграции и управления системами безопасности широкого профиля: от локальных объектов до федеральных сетей [3]. AS101 – универсальная ИСБ, которая подходит для объектов любой величины и сложности. Система «Рубеж-08» (рис. 1) служит основой для организации ИСБ средних и крупных объектов и применяется для организации систем охранной, тревожной и пожарной сигнализации, управления исполнительными устройствами контроля доступа, технологической сигнализа-

ции, автоматического пожаротушения. Сегодня актуальной является проблема эффективного и экономичного обеспечения безопасности как объекта, так и человека от различных видов угроз. Система «Рубеж-08» позволяет выполнять поставленные задачи благодаря широкому спектру периферийного оборудования и программного обеспечения.

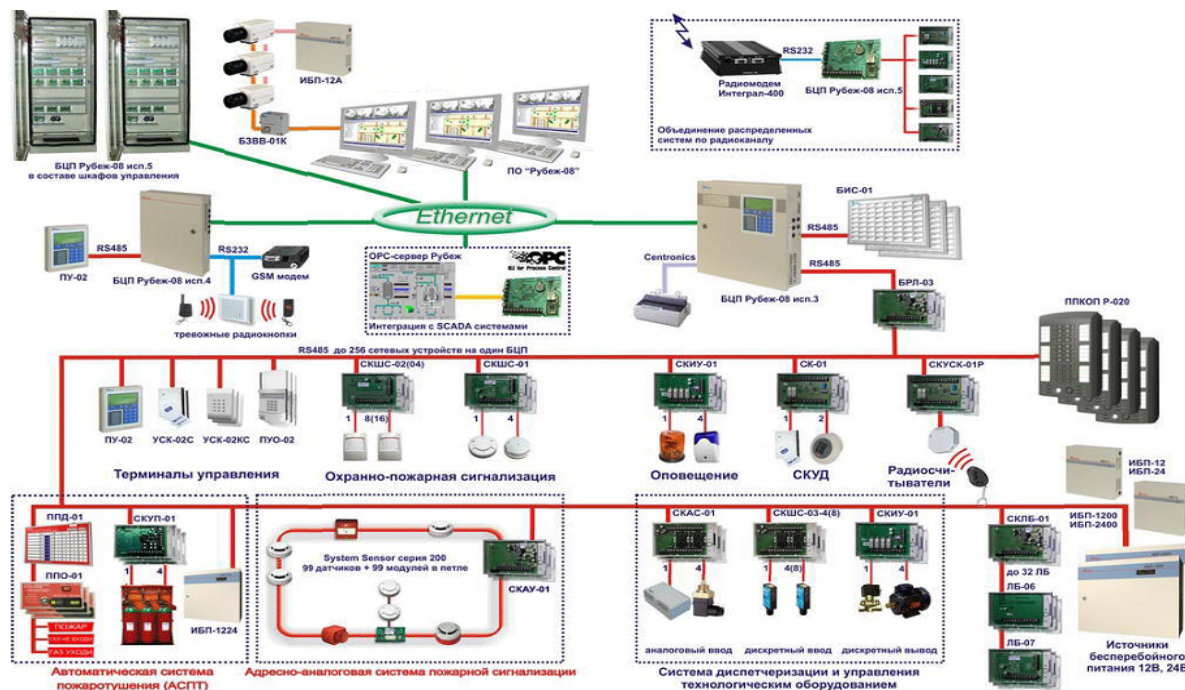


Рис. 1. ИСБ «Рубеж»

Данная система требует централизованного управления, которое осуществляется программой «Рубеж Монитор». Она предназначена для организации автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора службы охраны. Программа позволяет реализовать все функции АРМ дежурного режима, создать удаленные рабочие места в рамках локальной сети предприятия; просматривать состояние объектов технических средств (ТС) и управлять ими; обеспечить представление объектов в структурном и графическом виде, масштабирование графических изображений, отображение состояния и управление всеми техническими средствами системы; предоставить звуковое сопровождение событий, а также разграничение и проверку полномочий операторов. Выполняется совместная работа с «Рубеж AV-Монитор», «Рубеж Органайзер» и «Рубеж Логгер» и производится их контроль.

«Рубеж AV-Монитор» – система цифровой аудио- и видеозаписи, предназначенная для накопления, хранения на жестком диске персонального компьютера аудио- и видеоматериалов с возможностью одновременного воспроизведения, шумоочистки и передачи по локальным сетям,

а также для организации рабочих мест оператора системы охранного телевидения (рис. 2).

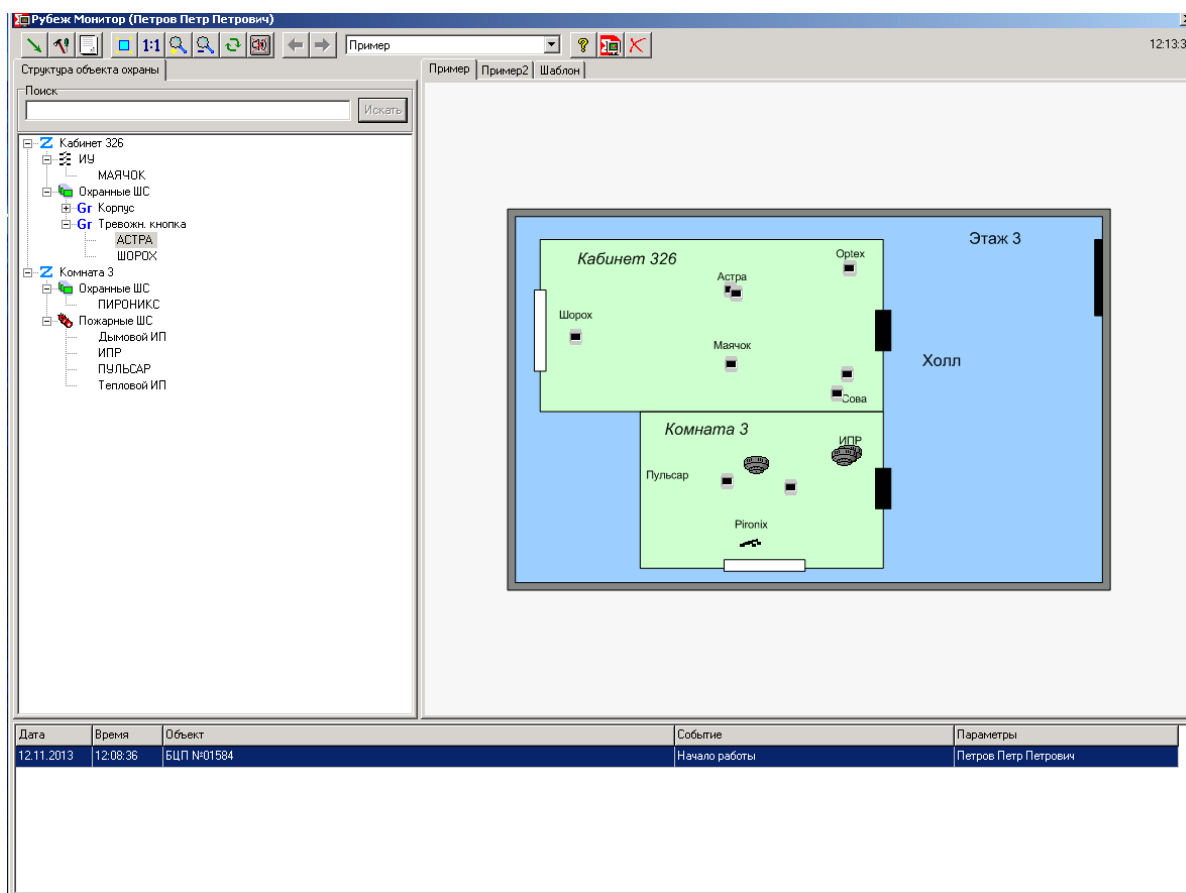


Рис. 2. Главная форма «Рубеж Монитор»

«Рубеж Органайзер» обеспечивает создание на удаленном рабочем месте информационно-управляющей панели для просмотра состояния и управления техническими средствами системы непосредственно с рабочего места пользователя.

«Рубеж Логгер» является обязательным системным модулем и должен постоянно быть загружен для регистрации событий в базу данных (БД) протокола и выполнения команд управления центральным процессорным блоком (БЦП) из различных модулей. Он осуществляет подключение к «Рубеж Сервер» для приема журнала событий из БЦП, записи его в базу данных протокола событий, получения аналоговых значений адресных устройств, управления БЦП и архивации БД журнала, конфигурации и аналоговых значений [4].

Главная форма программы состоит из следующих основных элементов:

1. Панель инструментов в верхней части формы, позволяющая управлять программой.

2. Структура объектов системы безопасности и список тревожных объектов в левой части формы, позволяющий просматривать в структурированном виде состав объектов системы безопасности (СБ) и управлять ими.

3. Графические планы в центральной и правой части формы. На планах представляются те же объекты, что и в структуре, только привязанные к графическим планам.

4. Панель протокола реального времени в нижней части формы.

Для работы с программой может быть предложена следующая методика. Управление объектами ТС необходимо начать с расположения их визуализаторов на плане. У каждого объекта может быть любое количество визуализаторов на разных планах. Существуют два типа визуализаторов – площадные и точечные. Площадные используются для зон, типов ТС и групп ТС. Точечные – для экземпляров ТС и видеокамер. Каждый визуализатор может быть как одиночным, так и составным. Одиночный визуализатор представлен в виде отдельно нанесенного значка или фигуры. Составной визуализатор – группа значков или фигур. В составном визуализаторе может быть ограниченное количество элементов. Это ограничение определяется размером поля БД хранения координат элементов визуализаторов. Составные визуализаторы отрисовываются быстрее, чем отдельные визуализаторы одного объекта. Однако в составном визуализаторе не может быть различных значков.

Рассмотрим управление объектами на примере охранного ШС «Астра». При постановке на охрану цвет визуализатора объекта как в структуре, так и на плане изменится с синего (режим «Готов») на зеленый. Соответственно изменится и состояние объекта. Также можно поставить на охрану и всю зону. События, возникающие при срабатывании объекта охраны:

1. При переходе объекта в состояние «Проникновение» будет включена звуковая сигнализация в блоке индикации состояний (БИС-01) (рис. 3).

2. Визуализатор меняет цвет с зеленого на красный и начинает мигать.

3. Рядом с закладкой «Структура объекта охраны» появляется новая закладка «Тревожные объекты».

4. Появляется и становится активным «Окно тревожных сообщений», в котором указываются тревожный объект и возникшее событие.

5. Становится активным план, на котором размещен визуализатор тревожного объекта.

6. После срабатывания датчика «Астра» будет осуществлен запуск программы №1 в «Рубеж Скрипт», то есть произойдет включение световой сигнализации.

Все события при этом фиксируются в протоколе. Панель протокола предназначена для оперативного отображения событий от БЦП и видеокамер, а также используется для отображения простейших отчетов. Панель протокола может отображать записи в режиме реального времени и режиме отчета. В первом режиме происходит отображение записей по мере их поступления.

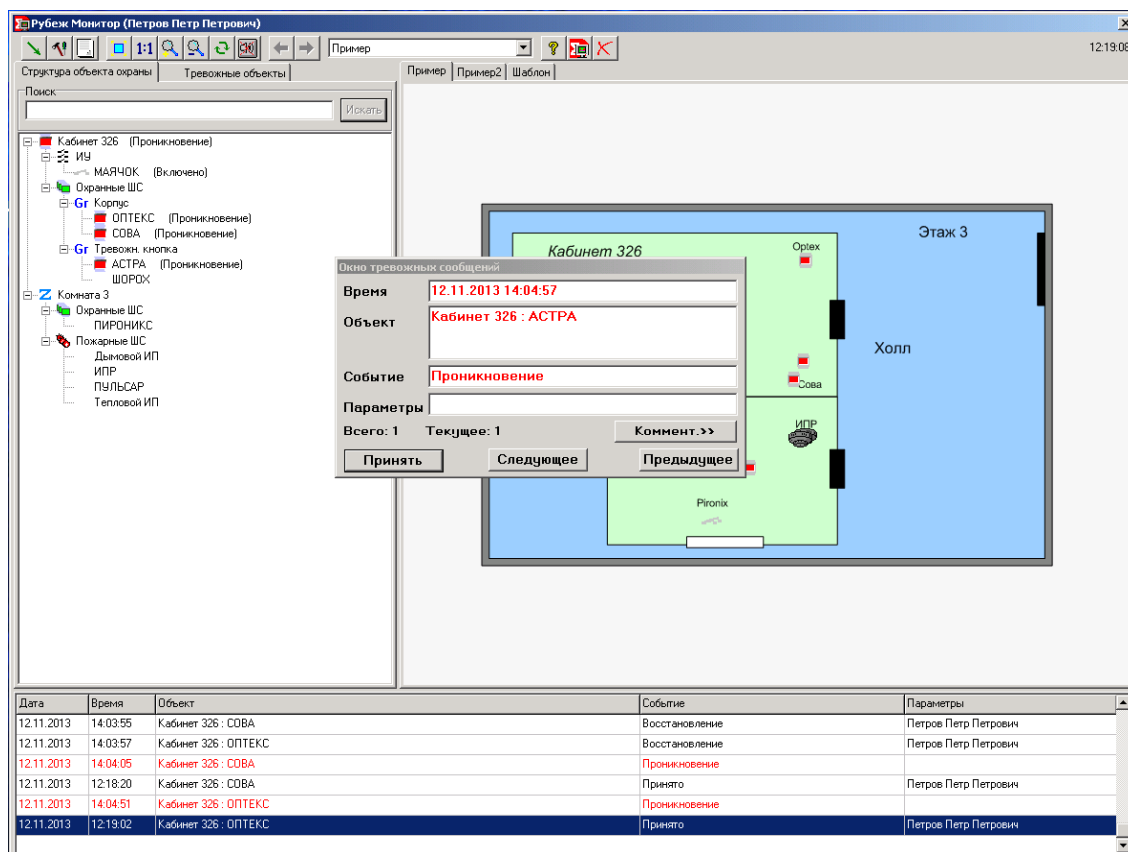


Рис. 3. Состояние «Проникновение»

В результате анализа работы с программой «Рубеж Монитор» были выявлены ее функциональные возможности по быстрому и эффективному выполнению контроля над объектами охраняемой зоны. Также была описана методика, согласно которой программа «Рубеж Монитор» осуществляет удобное и качественное управление интегрированной системой безопасности, позволяя удаленно контролировать все зоны и объекты ТС в системе.

Библиографический список

1. Крахмалев А.К. Интегрированная система безопасности «Рубеж»: учебное пособие. – М.: Сигма-ИС, 2007. – 230 с.
2. Lenel.ru. – URL : <http://www.lenel.ru>
3. Электроника.ру. – URL: <http://www.electronika.ru>
4. Сигма – ИС. – URL: <http://www.sigma-is.ru>

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Аспирант М.Н. Калугин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассмотрены подходы к созданию автоматизированной системы контроля безопасности в газовой котельной. Приведена математическая модель, описывающая безопасность в газовой котельной. Представлена структурная схема модели управления безопасностью в газовой котельной. Приведены технико-экономические аспекты внедрения автоматизированной системы управления безопасностью в газовой котельной.

Ключевые слова: система управления; газ; газовая котельная; трубопровод; авария; показатель безопасности; модель управления.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF SAFETY OF THE GAS BOILER HOUSE

Graduate Student M.N. Kalugin

Perm National Research Polytechnic University

Discusses the automated system of control of security in the gas boiler house. We propose a mathematical model for determining the security. Shows a block diagram of the model of security control in the boiler. The program is developed, that allows to calculate the indicator of the safety of the workplace. Shows a technical and economic aspects of implementation of the automated control system of safety of the gas boiler house.

Keywords: control system; gas; gas boiler; pipeline; accidents; safety performance; management model.

С каждым годом в мире возрастают объемы производства, строятся новые дома, что влечет за собой рост нагрузки на центральные и индивидуальные тепловые пункты, на котельное оборудование. На этом фоне возрастает аварийность технического оборудования. Возросшее число аварий в котельных и тяжесть их последствий ставят вопрос о практической потребности в управлении безопасностью этих объектов.

Обеспечение безопасной эксплуатации теплотехнического оборудования, работающего на газе, – одна из важнейших задач, стоящих перед проектировщиками и обслуживающим персоналом котельной.

Решение этой задачи на практике осложняется изношенностью оборудования, его физическим и моральным старением, неисправностью отдельных элементов средств автоматизации, а также недостаточно высоким уровнем квалификации и низкой технологической дисциплиной обслуживающего персонала, что может повлечь за собой серьезные аварии, сопровождающиеся человеческими жертвами.

Предлагается внедрение автоматизированной системы управления безопасностью в газовой котельной. Для этого устанавливаются регистрирующие приборы: датчики температуры, давления, механического напряжения в стенке трубопроводов, концентрации метана и др. Эти приборы через определенный интервал времени записывают значения всех показателей. Таким образом формируется статистическая база. Также от этих приборов поступает сигнал на компьютер, то есть в программу автоматически вводятся текущие значения параметров. Программа производит расчет показателя безопасности рабочего места и определяет кластер безопасности. После этого выводит на экран монитора оператора котельной значение показателя безопасности и цвет зоны безопасности. Рабочее место будет безопасным, если показатель безопасности будет больше нуля и все его слагаемые также неотрицательны.

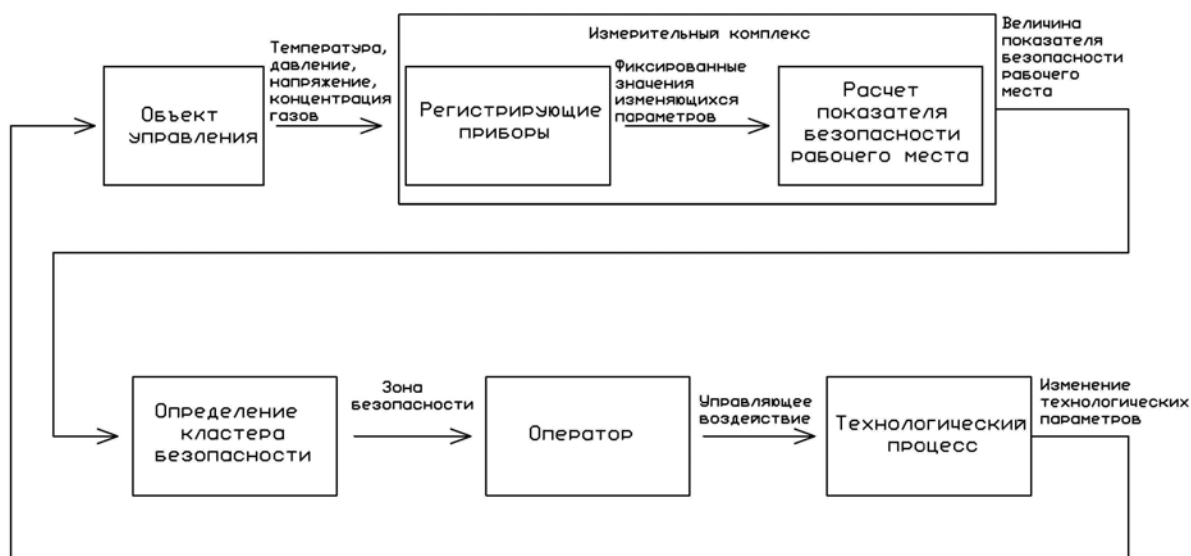


Рис. 1. Структурная схема модели управления безопасностью в газовой котельной

Задача данной системы – дать оператору информацию о текущем состоянии безопасности в котельной или на определенном ее участке. Чтобы оценить безопасность рабочего места, необходимо учесть все имеющиеся на рабочем месте опасные и вредные производственные факторы – источники опасности, влияние природных факторов и человека. При этом очевидно, что опасен любой из присутствующих на рабочем месте. Показатель безопасности рабочего места определяется при помощи программы, в которую заложена математическая модель, соответствующая данному объекту управления (рис. 1).

$$\begin{aligned}
B_{\text{pm}} = & \frac{1}{12} \left[\left(\frac{P^{\text{доп}} - P_i(t) \left(1 + \frac{C_p}{\sigma_p \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(P_i(t) - M(P_i(t)))^2}{2\sigma_p^2} \right) \exp(-\lambda_p t) \right)}{P^{\text{доп}}} \right) \right] + \\
& + \left(\frac{T^{\text{доп}} - T_i(t) \left(1 + \frac{C_T}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(T_i(t) - M(T_i(t)))^2}{2\sigma_T^2} \right) \exp(-\lambda_T t) \right)}{T^{\text{доп}}} \right) + \\
& + \left(\frac{K^{\text{доп}} - K_i(t) \left(1 + \frac{C_K}{\sigma_K \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(K_i(t) - M(K_i(t)))^2}{2\sigma_K^2} \right) \exp(-\lambda_K t) \right)}{K^{\text{доп}}} \right) + \\
& + \left(\frac{E^{\text{доп}} - E_i(t) \left(1 + \frac{C_E}{\sigma_E \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(E_i(t) - M(E_i(t)))^2}{2\sigma_E^2} \right) \exp(-\lambda_E t) \right)}{E^{\text{доп}}} \right) + \\
& + 3 \left(\frac{((\delta + ae^{-bt}) - (\delta + ae^{-bt})) \frac{C_\rho}{\sigma_\rho \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\rho_i(t) - M(\rho_i(t)))^2}{2\sigma_\rho^2} \right) \exp(-\lambda_\rho t) - \rho^{\text{доп}}}{\rho^{\text{доп}}} \right) + \\
& + \left(\frac{(\rho_i(t) - \rho_i(t)) \frac{C_\rho}{\sigma_\rho \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\rho_i(t) - M(\rho_i(t)))^2}{2\sigma_\rho^2} \right) \exp(-\lambda_\rho t) - \rho^{\text{доп}}}{\rho^{\text{доп}}} \right) + \\
& + 3 \left(\frac{\tau^{\text{доп}} - \tau_i(t) \left(1 + \frac{C_\tau}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\tau_i(t) - M(\tau_i(t)))^2}{2\sigma_\tau^2} \right) \exp(-\lambda_\tau t) \right)}{\tau^{\text{доп}}} \right) + \\
& + \left(\frac{\tau^{\text{доп}} - \tau_i(t) \left(1 + \frac{C_\tau}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\tau_i(t) - M(\tau_i(t)))^2}{2\sigma_\tau^2} \right) \exp(-\lambda_\tau t) \right)}{\tau^{\text{доп}}} \right) \Bigg] ,
\end{aligned}$$

где P – давление; T – температура; K – концентрация метана; E – механическое напряжение в стенке трубопровода; $P^{\text{доп}}$ – предельно-допустимое давление в трубе; $T^{\text{доп}}$ – предельно-допустимая температура в трубе; $E^{\text{доп}}$ – предельно-допустимое механическое напряжение в стенке трубы; $K^{\text{доп}}$ – предельно-допустимая концентрация метана в верхней зоне котельной; $\tau^{\text{доп}}$ – предельно-допустимое время продолжительности опасного воздействия; $\rho^{\text{доп}}$ – предельно-допустимое расстояние опасного воздействия; $P_i(t)$; $T_i(t)$; $K_i(t)$; $E_i(t)$; $\tau_i(t)$; $\rho_i(t)$ – текущее значение соответственно давления, температуры, концентрации метана, механического напряжения в стенке, времени опасного воздействия, расстояния опасного воздействия; C_p ; C_T ; C_K ; C_E ; C_ρ ; C_τ – коэффициенты усечения усеченного нормального закона соответственно давления, температуры, концентрации метана, механического напряжения в стенке, расстояния опасного воздействия, времени опасного воздействия; σ_p ; σ_T ; σ_K ; σ_E ; σ_ρ ; σ_τ – среднеквадратическое отклонение случайной величины соответственно давления, температуры, концентрации метана, механического напряжения в стенке, расстояния опасного воздействия, времени опасного воздействия; $M(P_i(t))$; $M(T_i(t))$; $M(K_i(t))$; $M(E_i(t))$; $M(\rho_i(t))$; $M(\tau_i(t))$ – математическое ожидание случайной величины соответственно давления, температуры, концентрации метана, механического напряжения в стенке, расстояния опасного воздействия, времени опасного воздействия; λ – интенсивность проявлений случайных изменений соответственно давления, температуры, концентрации метана, механического напряжения в стенке, расстояния опасного воздействия, времени опасного воздействия; t – текущее время.

Непрерывный контроль – затратный метод, и поэтому все стараются уйти от него. А статистика аварий с тяжелыми последствиями неумолима. Как показывает практика, вопрос денег – это всего лишь вопрос приоритетов и организации системы управления объектами, к которым относятся такие опасные, как газовые паровые котельные. Поэтому необходимо вводить в действия всяческие технические решения, направленные на предотвращение аварийной ситуации.

Очевидно, что в техническом проекте оборудования, которое находится в газовой котельной, должны задаваться требования по безопасности на рабочем месте оператора. Показатели безопасности рабочих мест $B_{\text{рм}j}$

$$B_{\text{рм}j}^{\text{тр}} > 0.$$

Однако необходимо четко понимать, что задание требований по безопасности – технико-экономическая задача, связанная с тем, что обеспечение

безопасности требует затрат средств G в рублях. Если же не вкладывать средства в обеспечение безопасности, то травмы и снижение работоспособности становятся неизбежны, при этом также становятся неизбежными страховые выплаты (рис. 2). Кроме этих затрат появляется вероятность дорогостоящего ремонта или замены оборудования, строительства новых сооружений. Все эти затраты обозначим ϑ (руб.).

Таким образом, имеют место уравнения:

$$\begin{cases} B_{\text{рм}j} = \mu(G), \\ \vartheta = \nu(G). \end{cases}$$

Совместное решение этих уравнений позволяет найти ту сумму средств на обеспечение безопасности в газовой котельной, которая удовлетворяет и требованиям безопасности, и сумме выплат, которые готов выплачивать работодатель в случае аварии*.

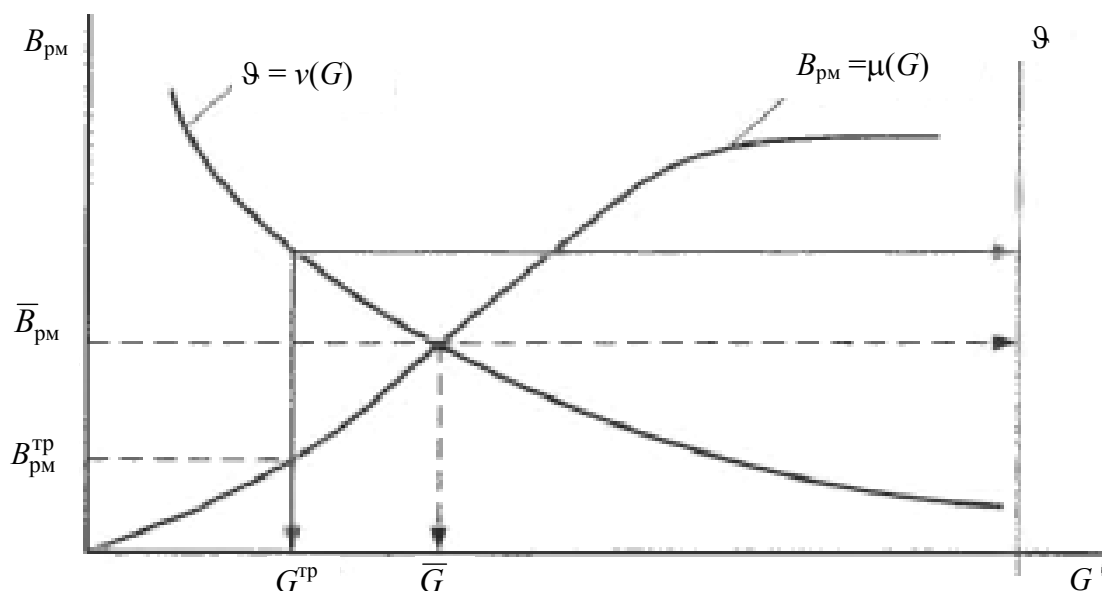


Рис. 2. Качественная зависимость изменения уровня безопасности и ущерба работодателя от вложений в создание системы безопасности в котельной

Найденная оптимальная величина $B_{\text{рм}}$ вносится в технический проект как величина, которую должен обеспечить проектировщик.

* Трефилов В.А. Теоретические основы безопасности производственной деятельности: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 84 с.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАПОЛНЕНИЯ СКЛАДА РУДОЙ

Магистрант гр. ИВТ-13м А.С. Григалашвили

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *С.А. Варламова*
Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Разработана программа, моделирующая процессы заполнения и разгрузки усреднительного склада калийной руды. Для моделирования течения и осыпания руды используется алгоритм smoothed particle hydrodynamics.

Ключевые слова: усреднение руд; усреднительный склад; имитационная модель.

SIMULATION MODEL OF ORE STOCKYARD FILLING

Undergraduate Student gr. IVT-13m A.S. Grigalashvili

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *S.A. Varlamova*
Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

Program for modeling of loading and unloading of potassium ore blending stockyard is developed. Smoothed particle hydrodynamics algorithm is used to modeling of ore flow.

Keywords: ore blending; blending stockyard; simulation model.

Усреднение руды – операция или совокупность технологических операций целенаправленного изменения качества руды, а также смешивания руд одного сорта, в результате которых при заданных параметрах усреднения уменьшаются пределы колебаний показателей. Достигается обычно путем применения особых способов складирования руды, например, укладкой ее с помощью грейферного крана или конвейера [3].

Процесс усреднения качества состоит из нескольких этапов. Первый этап – это перспективное и текущее планирование горных работ в соответствии с плановыми объемами и качеством полезных ископаемых, устанавливаются направление развития работ и конкретные месторождения для обработки. Следующий этап – в зависимости от достигнутого объема и качества полезных ископаемых в участковых и общерудничных грузопотоках и фактического качества руды в забоях регулируется нагрузка на забои. Затем формируются транспортные потоки, обеспечивающие необходимое смешивание полезных ископаемых в участковых и общерудничном звеньях. Четвертый и наиболее эффективный этап – перегрузка руд на внутрикарьерных складах, аккумулялирование полезных ископаемых в рудоспусках, камерах околоствольного двора, а также в бункерах и штабелях на поверхности [5].

Цель данной работы – построение модели заполнения склада калийной руды ОАО МХК «Еврохим», которое представляет собой заполнение непрерывным потоком либо дискретными порциями руды, поступающими через транспортную систему.

Склад представлен в виде трехмерного массива. В качестве входных параметров модели используются его геометрические параметры – ширина, длина, высота склада (X, Y, Z соответственно). Склад разбит на кубические участки (ячейки) с заданным шагом $\Delta x = \Delta y = \Delta z = \Delta, \Delta = 1$ м (рис. 1).

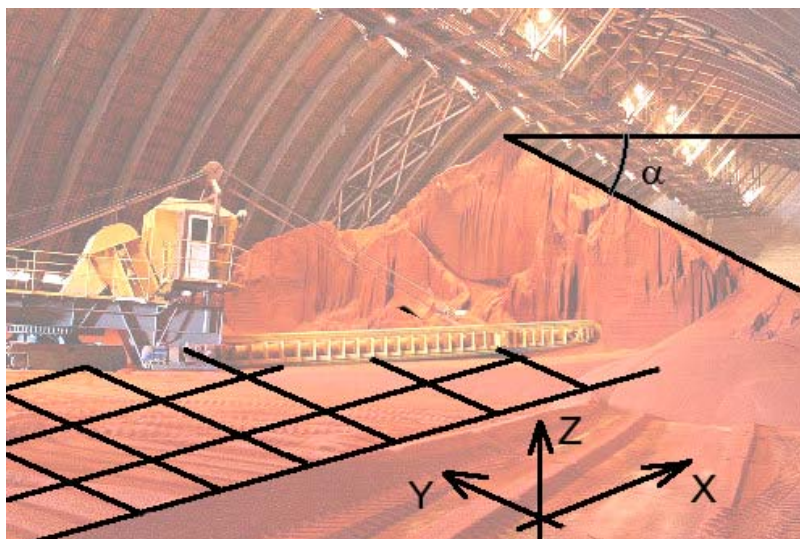


Рис. 1. Дискретизация пространства склада

Для осуществления моделирования загрузки и разгрузки склада применен алгоритм *Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)* – алгоритм, где вся масса руды делится на множество взаимодействующих частиц. Моделирование в конечном итоге сводится к расчету этих взаимодействий путем решения систем дифференциальных уравнений для каждой частицы. Основная идея *SPH* в том, что каждая частица в некоторой степени «заимствует» физические характеристики у своих ближайших соседей [2]. Математическое описание алгоритма подробно дано в работе [1].

Аналогичный алгоритм работает и во время процедуры разгрузки склада, только шаги «Генерация частицы» и «Падение частицы» заменяются одномоментной выемкой грейфером заданного объема (рис. 2).

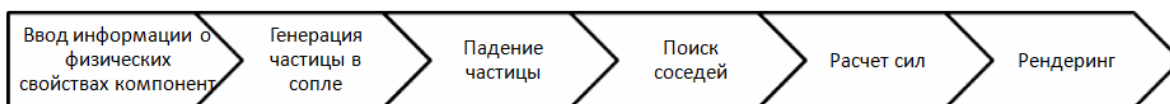


Рис. 2. Алгоритм обработки информации для моделирования заполнения склада

Данный алгоритм реализован в разработанной в интегрированной среде программирования *Delphi* программе, где моделируется заполнение

склада (массива ячеек) значениями в диапазоне от 0 до 1, которые отражают долю заполнения каждой ячейки. Заполненный массив значений позволяет определить уровни заполнения склада в каждой точке и значение показателей хлорида калия и нерастворимого остатка. В дальнейшем возможна корректировка уровней заполнения, например, по показаниям камер, установленных неподвижно на потолке склада, либо подвижной камере на грейферном кране [1].

Программа состоит из двух модулей. Первый модуль – «Моделирование руды на складе». На главной форме вводятся значения характеристик, необходимых для моделирования процесса. Нажав на кнопку «Начать моделирование», пользователь запускает процесс моделирования заполнения склада рудой, представляющий собой трехстороннюю проекцию: вид спереди, слева и сзади (рис. 3). Также предлагается просмотр карты уровня, ведутся счетчик времени и счетчик частиц, опущенных в бункер.

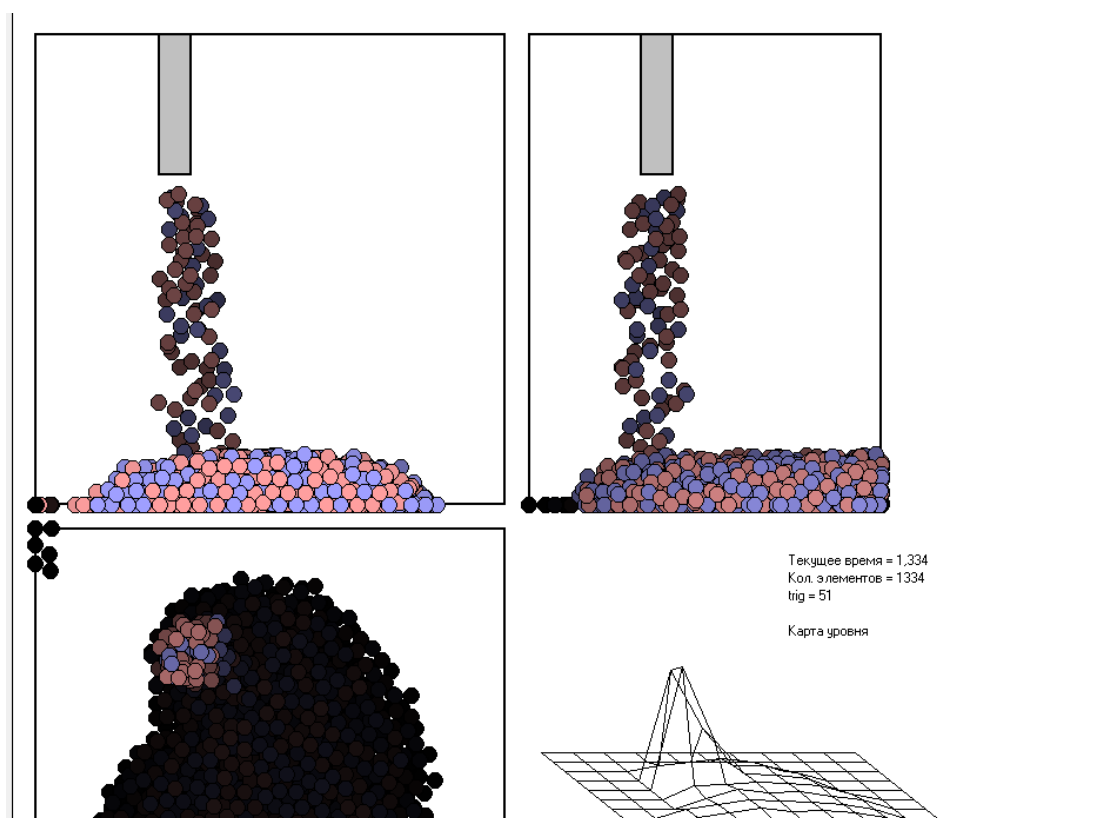


Рис. 3. Модель заполнения склада рудой

Движение сопла, выпускающее частицы руды, происходит по линии эллипса, параметры которого задаются во втором модуле «Программа для управления подачей и удалением руды на складе» (рис. 4).

Как только заполнение склада достигает определенного уровня, происходит забор частиц скрепером, параметры движения также задаются во втором модуле (рис. 5).

Данный способ моделирования максимально приближает представление заполнения склада в реальном времени.

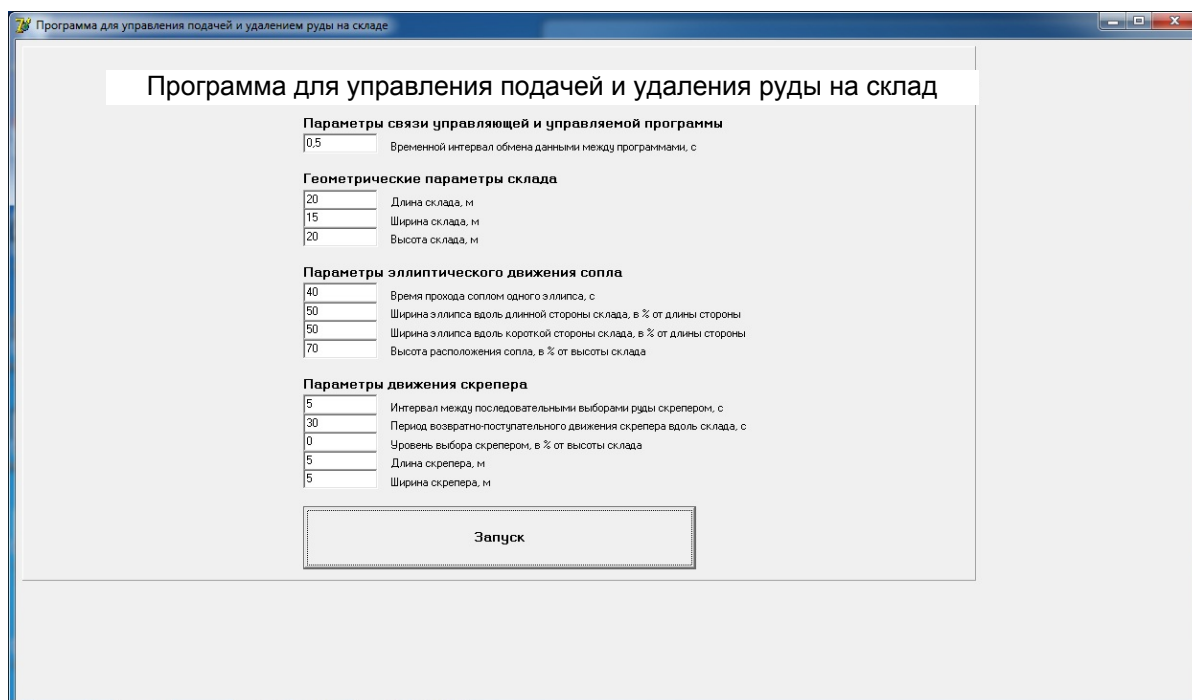


Рис. 4. Главная форма программы управления подачи и удаления руды

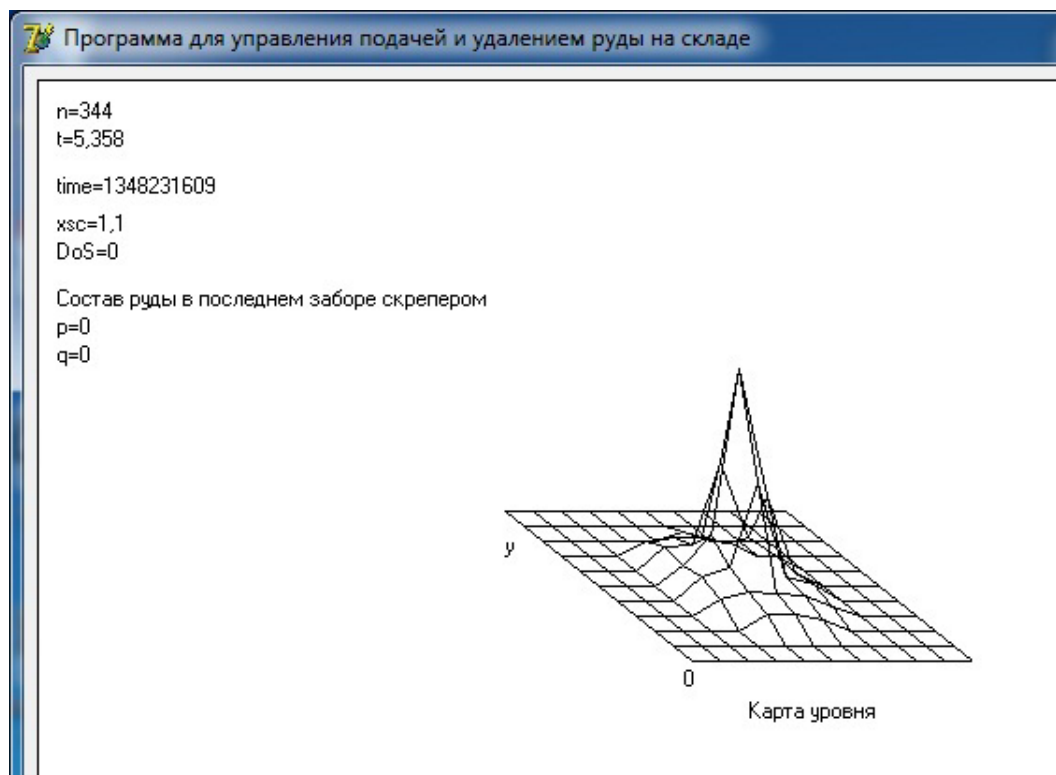


Рис. 5. Карта уровня заполнения рудой склада второго модуля программы

В дальнейшем планируется вести учет сегрегационных процессов вследствие вибрации, вызванной погружением ковша грейферного крана,

сбросом руды в соседних точках, работой кратцер-крана и т.п., процентного содержания калия и нерастворимого остатка, точки сброса руды, а также точки выбора руды скрепером.

Библиографический список

1. Варламова С.А., Затонский А.В. Об усреднении состава руды на промежуточном складе // Современная наука. Актуальные проблемы теории и практики. – 2013. – № 9–10. – С. 12–18.
2. Симонов Л. Моделирование жидкости в 2D с использованием GPU [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uraldev.ru/articles/29>
3. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/eng_rus/342016/усреднение
4. Стаценко Л.Г. Разработка модуля «Усреднительный склад» информационной системы стабилизации качества полезного ископаемого в карьере // Инновации в науке: материалы XIX Междунар. заоч. науч.-практ. конф.; 22 апреля 2013 г. – Новосибирск: Изд-во СибАК, 2013.
5. Усреднение химического состава железных руд на рудном дворе [Электронный ресурс]. – URL: http://emchezgia.ru/syrye/7.5_usrednenie_rudy.php

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МНОЖЕСТВА ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИБЫЛИ В ЗАДАЧЕ ПРИОБРЕТЕНИЯ ИННОВАЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аспирант А.В. Копотева

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *А.В. Затонский*
Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Приводится результат аналитической оценки множества возможных значений прибыли при фиксированных постоянных и переменных затратах и объемах реализации, изменяющихся от безубыточного до производственной мощности, необходимого для реализации процедуры нечеткого вывода в задаче приобретения инновационной продукции на промышленном предприятии.

Ключевые слова: принятие решений; нечеткие данные; нечеткий вывод; приобретение инновационной продукции; область значений прибыли.

PROFIT VALUE AREA ANALYTICAL ESTIMATION IN A PROBLEM OF INNOVATION PRODUCTS ACQUISITION AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Graduate Student A.V. Kopoteva

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *A.V. Zatonskiy*
Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

Practical implementation of a fuzzy logic deduction requires a finite value aggregate for each of the input and output parameters included into the model. We consider the industrial enterprise sales volume possible values to vary from the lossless one to the full productive capacity and the values of its costs to be determined. Under these conditions in the article we represent the results of a possible profit area analytical estimation in a problem of innovation products acquisition.

Keywords: decision-making; fuzzy data; fuzzy logic deduction; innovation product acquisition; profit value area.

Процесс принятия решений является одним из основных этапов управленческой деятельности, на котором выбирается наиболее предпочтительный вариант воздействия на объект управления из допустимого их множества. При этом обоснованный выбор может быть сделан только при наличии достаточного количества информации об объекте управления, позволяющей сформулировать критерий (или систему критериев) эффективности принимаемых решений для оценки имеющихся альтернатив с целью выбора оптимальной. Спецификой исходных данных для принятия решений в сложных (в том числе в экономических) системах являются их неточность, неполнота, а также субъективность оценок их значений лицом, принимающим решение. Такие данные характеризуются общим понятием «нечеткие» (*fuzzy*) и требуют соответствующих методов обработки, развиваемых в рамках теории нечетких множеств (*fuzzy sets theory*).

Принятие решений в рамках теории нечетких множеств основано на алгоритме нечеткого вывода, реализуемого только с использованием ЭВМ в 4 этапа [2, с. 21]. Первый этап – фаззификация (определение нечеткости, т.е. функций принадлежности (далее – ФП) для выбранных уровней факторов задачи и результирующих переменных на едином универсальном множестве). Второй – логический нечеткий вывод (предполагает процедуру агрегирования, заключающуюся в установлении истинности предпосылок каждого из правил, и активацию – усечение ФП вывода в соответствии с найденными степенями истинности предпосылок правил вывода). Третий – композиция (объединение полученных усеченных ФП для получения единой результирующей ФП). Последний – дефаззификация (преобразование результирующей ФП в четкое число) [2, с. 12]. Таким образом, начальный этап нечеткого вывода предполагает определение конечного диапазона изменения всех числовых параметров задачи и преобразование их в единое универсальное множество.

Рассмотрим задачу принятия решения о приобретении инноваций на предприятии. Пусть спрос на рынке некоторого товара в среднесрочной перспективе определен, не зависит от времени и задается линейной функцией цены P от объема ${}^D Q$ вида $P = a - b \cdot {}^D Q$. Предположим, что на рынке выбранного товара действуют n продавцов, тогда совокупное предложение ${}^S Q$ на рынке складывается из их индивидуальных предло-

жений: $0 \leq {}^S Q^i \leq \max Q^i, i = \overline{1, n}$, т.е. ${}^S Q = \sum_{i=1}^n {}^S Q^i$. Взаимодействие спроса

и предложения определяет равновесный объем ${}^0 Q = {}^D Q = {}^S Q = \sum_{i=1}^n {}^0 Q^i$,

складывающийся из равновесных объемов всех фирм ${}^0 Q^i, i = \overline{1, n}$, и цену

${}^0 P = a - b \cdot \sum_{i=1}^n {}^0 Q^i$. Годовые прибыли фирм определяются как

$Pr^i = Q^i \cdot (P - {}^0 AVC^i) - {}^0 TFC^i, i = \overline{1, n}$, где ${}^0 AVC^i$ – фактические переменные затраты i -й фирмы на единицу продукции, ${}^0 TFC^i$ – общая сумма фактических постоянных затрат i -й фирмы за год. Равновесные объемы реализации фирм ${}^0 Q^i, i = \overline{1, n}$ определяются, исходя из необходимых и достаточных условий максимизации прибыли [1, с. 577], имеющих вид $\partial Pr^i(Q^1, \dots, Q^n) / \partial Q^i = 0, \partial^2 Pr^i(Q^1, \dots, Q^n) / \partial (Q^i)^2 < 0, i = \overline{1, n}$. Можно пока-

зять, что оптимальные объемы реализации продукции каждой фирмы могут быть определены как

$$Q_i = \left(a + n \cdot AVC^i - \sum_{\alpha \neq i} AVC^\alpha \right) / (b \cdot (n + 1)), i = \overline{1, n}.$$

Предположим теперь, что некий ученый, занимающийся исследованиями в области техники/технологии, используемыми фирмами в процессе производства, разработал инновационный проект, позволяющий снизить себестоимость единицы продукции, и желает продать его фирмам-производителям. Он должен решить, каким фирмам, по какой цене и в какой последовательности попытаться продать свой проект, исходя из максимизации личной выгоды. При этом возможность продажи проекта нескольким производителям определяется личными предпочтениями и убеждениями ученого, а также суммой, которую ему фактически заплатят при покупке его проекта одной из фирм (или несколькими).

Возможной стратегией поведения фирм-производителей при обращении к ним ученого будет внедрение проекта в производство или его отклонение. При этом существует вероятность как успешного внедрения SP (*success probability*), так и неуспешного $1 - SP$. Стоимость внедрения проекта в i -й фирме $TE^i, i = \overline{1, n}$ будет складываться из премии ученого $IF^i, i = \overline{1, n}$ (*inventor's fee*) и суммы затрат на внедрение $AC^i, i = \overline{1, n}$ (*accomplishment costs*). В случае неудачного внедрения эта сумма включает затраты на ликвидацию его последствий. Время внедрения для фирм (т.е. промежуток времени, через который мероприятие начнет приносить запланированный экономический эффект) составляет Δt^i . Затраты фирм после успешного внедрения мероприятия составят: ${}^1AVC^i$ – переменные затраты i -й фирмы на единицу продукции и ${}^1TFC^i$ – общая сумма постоянных затрат i -й фирмы за год. Поскольку меняются суммы затрат, меняются оптимальные объемы производства для каждой из фирм, а значит, и равновесная цена, и их прибыли. Определим выигрыш фирмы как ее суммарную прибыль нарастающим итогом за период времени T , равный краткосрочному периоду в отрасли.

Возникает задача определения наилучшей в смысле максимизации ожидаемого выигрыша стратегии поведения для всех $n + 1$ участников конфликта.

В результате реализации конфликта во времени множество фирм отрасли n распадается на 3 непересекающихся множества:

– фирмы, не внедрявшие нововведение; обозначим их количество m , множество – $\text{Con} = \{f_{\text{con}}^l, l = \overline{1, m}\}$ (*conservative*), а вероятность фирмы попасть в это множество – CP ;

– фирмы, пытавшиеся внедрить мероприятие, но не добившиеся успеха; обозначим их количество p , множество – $\text{Fail} = \{f_{\text{fail}}^j, j = \overline{1, p}\}$;

– фирмы, успешно внедрившие предложенное мероприятие; обозначим их количество q , множество – $\text{Suc} = \{f_{\text{suc}}^k, k = \overline{1, q}\}$ (*success*), момент времени, в который были понесены затраты – $t_{\text{suc}}^k, k = \overline{1, q}$, причем $0 < t_{\text{suc}}^1 < t_{\text{suc}}^2 < \dots < t_{\text{suc}}^k < \dots < t_{\text{suc}}^q < T$. В результате рыночного равновесия поменяется q раз в моменты $t_{\text{suc}}^1 + \Delta t_{\text{suc}}^1, \dots, t_{\text{suc}}^q + \Delta t_{\text{suc}}^q$, где $\Delta t_{\text{suc}}^k, k = \overline{1, q}$ – продолжительность внедрения мероприятия в фирме f_{suc}^k .

Понятно, что $n = m + p + q$. Поскольку фирма $f^i, i = \overline{1, n}$, может оказаться в любой из групп, тогда недисконтированные прибыли ее нарастающим итогом будут равны соответственно:

$$\begin{aligned} \pi_{\text{con}}^i &= \sum_{\alpha=0}^q \left({}^\alpha Q^i \cdot ({}^\alpha P - {}^0 AVC^i) - {}^0 TFC^i \right) \cdot \left(t_{\text{suc}}^{\alpha+1} + \Delta t_{\text{suc}}^{\alpha+1} - t_{\text{suc}}^\alpha - \Delta t_{\text{suc}}^\alpha \right); \\ \pi_{\text{fail}}^j &= \sum_{\alpha=0}^q \left({}^\alpha Q^i \cdot ({}^\alpha P - {}^0 AVC^i) - {}^0 TFC^i \right) \cdot \left(t_{\text{suc}}^{\alpha+1} + \Delta t_{\text{suc}}^{\alpha+1} - t_{\text{suc}}^\alpha - \Delta t_{\text{suc}}^\alpha \right) - TE_{\text{fail}}^i; \\ \pi_{\text{suc}}^i &= \sum_{\alpha=0}^{k-1} \left({}^\alpha Q^i \cdot ({}^\alpha P - {}^0 AVC^i) - {}^0 TFC^i \right) \cdot \left(t_{\text{suc}}^{\alpha+1} + \Delta t_{\text{suc}}^{\alpha+1} - t_{\text{suc}}^\alpha - \Delta t_{\text{suc}}^\alpha \right) + \\ &+ \sum_{\alpha=k}^q \left({}^\alpha Q^i \cdot ({}^\alpha P - {}^1 AVC^i) - {}^1 TFC^i \right) \cdot \left(t_{\text{suc}}^{\alpha+1} + \Delta t_{\text{suc}}^{\alpha+1} - t_{\text{suc}}^\alpha - \Delta t_{\text{suc}}^\alpha \right) - TE_{\text{suc}}^i, \end{aligned}$$

а общая ее сумма, подлежащая максимизации за счет выбора между вариантами внедрения или отклонения предлагаемого ученым мероприятия, может быть рассчитана как $\pi^i = CP \cdot \pi_{\text{con}}^i + (1 - CP) \cdot \left(SP \cdot \pi_{\text{suc}}^i + (1 - SP) \cdot \pi_{\text{fail}}^i \right)$. Ее величина определяется следующими параметрами задачи:

– вероятностью оказаться во множестве фирм, не внедривших мероприятие CP ;

– вероятностью успешного внедрения мероприятия SP ;

– количеством фирм в отрасли n ;

– количеством фирм, успешно внедривших мероприятие q ;

– уровнем постоянных затрат фирмы до и после успешного внедрения мероприятия ${}^0 TFC^\alpha$ и ${}^1 TFC^\alpha, \alpha = \overline{1, n}$;

– уровнями переменных затрат всех фирм отрасли до мероприятия ${}^0 AVC^\alpha, \alpha = \overline{1, n}$;

- параметрами функции отраслевого спроса a и b ;
- уровнями переменных затрат фирм после успешного внедрения мероприятия, включая данную, ${}^1AVC_{suc}^k$, $k = \overline{1, q}$;
- моментов времени внедрения мероприятия t_{suc}^k и длительностей внедрения Δt_{suc}^k , $k = \overline{1, q}$.

В силу того, что мероприятие инновационное, статистика о его внедрении, позволяющая оценить вероятность SP , отсутствует, а поведение ученого, влияющее на CP , p и q , вообще говоря, предсказуемо лишь условно, возникает необходимость описывать их значения в терминах теории нечетких множеств, а выработку оптимальных стратегий поведения участников конфликта проводить с использованием нечеткого вывода. Как отмечалось ранее, его организация предполагает формирование конечных диапазонов изменения и нормирующих преобразований для входных и результирующих переменных задачи. Большая часть перечисленных показателей допускает построение носителя, исходя из эмпирических данных (например, спрос или затраты), и не представляет существенной сложности. Несколько более сложной с точки зрения практической реализации оказалась задача оценки диапазона возможного изменения прибылей фирм, поскольку здесь существенную роль играют возможные значения определяющих ее величин, а также наличие либо отсутствие дисконтирования.

Максимальное и минимальное значения прибыли фирмы
при попадании ее в различные классы

Наименование прибыли	Нижняя граница	Верхняя граница
Прибыль фирмы, не внедрившей нововведение	0	$\max \pi_{con}^i = (\max Q^i (a - b \cdot \max Q^i - {}^0AVC^i) - {}^0TFC^i) T$
Прибыль фирмы, не сумевшей успешно внедрить нововведение	0	$\max \pi_{fail}^i = (\max Q^i (a - b \cdot \max Q^i - {}^0AVC^i) - {}^0TFC^i) T - TE_{fail}^i$
Прибыль фирмы, успешно внедрившей нововведение	0	$\max \pi_{suc}^i = (\max Q^i (a - b \cdot \max Q^i - {}^1AVC^i) - {}^1TFC^i) T - TE_{suc}^i$

Аналитическая оценка для произвольной фирмы f^i в случае отсутствия дисконтирования и объемов реализации продукции не менее безубыточного (обеспечивающего покрытие выручкой от реализации данного объема продукции всех связанных с ее производством и продвижением затрат) и не более производственной мощности ($\max Q^i$) представлены в таблице.

Тогда прибыль произвольной фирмы отрасли может принимать значения из диапазона $0 \leq \pi^i \leq \max\{\max \pi_{\text{con}}^i, \max \pi_{\text{fail}}^i, \max \pi_{\text{suc}}^i\}$, а нормирующее преобразование, приводящее этот диапазон к универсальному множеству $[0;1]$, будет иметь вид $N\pi^i = \pi^i / \max\{\max \pi_{\text{con}}^i, \max \pi_{\text{fail}}^i, \max \pi_{\text{suc}}^i\}$.

Отметим, что рассмотренный подход позволяет сформировать конечное множество значений прибыли конкретной фирмы с ее фактически сформировавшимися затратами до и после мероприятия, т.е. неуниверсальное для произвольной фирмы отрасли.

После определения носителей для всех параметров задачи и функций прибылей фирм отрасли можно переходить к построению системы правил «Если – то» и реализации процедуры логического вывода с последующей дефаззификацией результатов, позволяющей оценить ожидаемые значения выигрышей для всех участников конфликта с целью определения оптимальной стратегии поведения для каждого из них.

Библиографический список

1. Бернарке Б., Фрэнк Р. Экономикс. Экспресс-курс: пер. с англ. – СПб.: Питер, 2012. – 720 с.
2. Гостев В.И. Пректирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

ИМИТАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ УЛУЧШЕНИЯ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ РАСКРОЯ УПАКОВКИ МАТЕРИАЛОВ

Аспирант Д.А. Лялин

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *А.В. Затонский*
Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Описана проблема раскроя упаковки деталей сложной формы. Предложен имитационный алгоритм улучшения решений задачи раскроя упаковки. Проведено исследование пяти программ испытаний, на основе которого выявлено улучшение выбранных коэффициентов – коэффициент раскроя и коэффициент делового остатка на 5 % и 161 % соответственно.

Ключевые слова: раскрой-упаковка; имитационное моделирование; деловой остаток.

SIMULATION ALGORITHM TO IMPROVE THE SOLUTION OF CUTTING PACKAGING PROBLEM

Graduate Student D.A. Lyalin

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *A.V. Zatonskiy*
Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

The cutting packing problem of parts with complex shapes is described. Simulation algorithm to improve the solution of cutting packing problem is given. Research of five programs of tests on the basis of which improvement of the chosen coefficients – coefficient of cutting and coefficient of business residue for 5 % and 161 % respectively is revealed is conducted.

Keywords: Cutting-packing problem; simulation; business residue.

Проблемам раскроя и упаковки посвящено множество публикаций и диссертаций как отечественных, так и зарубежных школ, например [1, 2]. Большая часть из такого рода работ отражает подходы к решению тривиальных задач раскроя, в частности линейного и прямоугольного вида. Вопросы же раскроя деталей сложной формы посвящено меньшее количество публикаций, например [3, 4], что еще больше повышает востребованность методов решения данной проблемы. Среди задач раскроя упаковки материалов вопрос упаковки деталей сложной формы менее всего изучен, что обусловлено сложностью фигур, с учетом которой оптимальный план раскроя или упаковки просто не может быть найден. Ведь даже при самой плотной упаковке деталей безотходного производства не удастся достигнуть, так как детали могут быть самой разной формы, от которой напрямую зависит плотность упаковки. Следует отметить, что ввиду NP-трудности задач раскрой упаковки, не существует алгоритмов решения задач упаковки сложных деталей, позволяющих получать максимальный коэффициент упаковки.

Имитационное моделирование – это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью

описывающей реальную систему [5]. С моделью проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью называют имитацией.

Имитационный алгоритм – это алгоритм решения задачи с помощью имитационной модели путем выполнения на ней испытаний [5].

К имитационному моделированию прибегают, когда:

- дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
- невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствия, нелинейности, стохастические переменные;

- необходимо симитировать поведение системы во времени [6].

Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами или, другими словами, – разработке симулятора исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

Для улучшения результатов упаковки деталей сложной формы был разработан имитационный алгоритм раскроя-упаковки деталей сложной формы. Алгоритм моделирует систему твердых физических тел – деталей, характеризующихся постоянной либо переменной массой. На детали действуют силы взаимодействия между ними и внешние силы (трения, упругости, гравитации и др.). Все детали заключаются в ограниченную область произвольной формы – лист. Затем производятся различные операции с листом для того, чтобы детали уложились как можно плотнее:

- поворот и перемещение деталей – перемещают либо поворачивают детали;

- изменение точки притяжения. Точка притяжения – точка в системе, к которой в каждый момент времени притягиваются детали;

- тряска листа – с помощью данной операции детали могут заполнять пространства между собой за счет передвижения листа в различных направлениях;

- поворот листа – поворачивают лист в заданном направлении;

- изменение гравитации позволяет поменять постоянно действующую силу тяжести.

Данные операции закладываются в программы испытаний в произвольном порядке, что позволяет гибко и без особых затруднений создать различные программы испытаний. Использование различных программ испытаний на разных компьютерах является перспективной возможностью при распараллеливании алгоритма.

Для исследования имитационного алгоритма использовались пять программ испытаний:

- программа №1 – тряска по оси OY , затем тряска по оси OX ;
- программа №2 – притяжение деталей вниз, затем притяжение деталей влево;
- программа №3 – случайное изменение силы гравитации;
- программа №4 – изменение точки притяжения деталей по синусоиде;
- программа №5 – комбинированная программа из первой и второй.

Для оценки результатов использовались следующие коэффициенты:

1) коэффициент k_1 – коэффициент раскроя – отношение площади всех деталей (S_{com}) к полученной площади описанной оболочки (S_{conv}):

$$k_1 = \frac{S_{com}}{S_{conv}}. \quad (1)$$

2) коэффициент k_2 – коэффициент делового остатка – равен отношению площади делового остатка (S_{bal}) к общей площади листа (S_{sheet}):

$$k_2 = \frac{S_{bal}}{S_{sheet}}. \quad (2)$$

Для исследования алгоритма был выбран набор деталей с начальными коэффициентами $k_1 = 0,809443542$ и $k_2 = 0,028875402$.

В таблице приведены результаты исследования.

Результаты исследования для прямоугольного листа

Программа	Коэффициент k_1	Коэффициент k_2
№1	0,83887438	0,061560081
№2	0,81586548	0,037205093
№3	0,85164252	0,075485881
№4	0,84856616	0,071541338
№5	0,84214822	0,048692441

Как видно из результатов, каждая программа улучшила начальные коэффициенты k_1 и k_2 . Лучшие показатели для обоих коэффициентов получены при исследовании программы № 3.

Первоначальная карта раскроя выглядит в соответствии с рис. 1. Карта раскроя, показанная на рис. 2, получена при применении программы № 3. В результате применения программы № 3 коэффициент k_1 увеличился с 0,809443542 до 0,85164252.

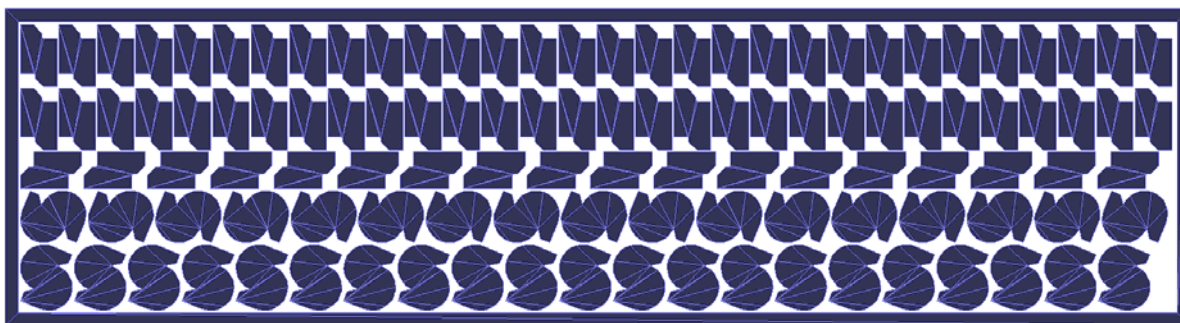


Рис. 1. Первоначальная карта раскроя

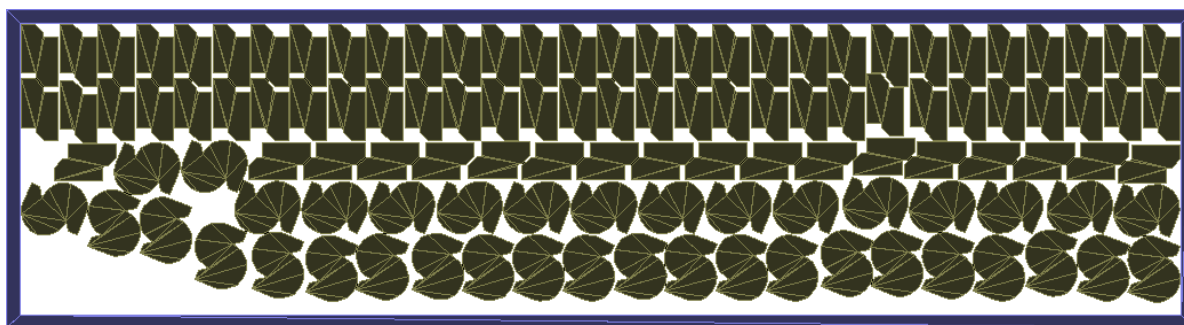


Рис. 2. Результат исследования программы №3

Детали размещены более плотно, и освободилось пространство для размещения дополнительных деталей. График зависимости коэффициента k_1 от количества итераций алгоритма показан на рис. 3.

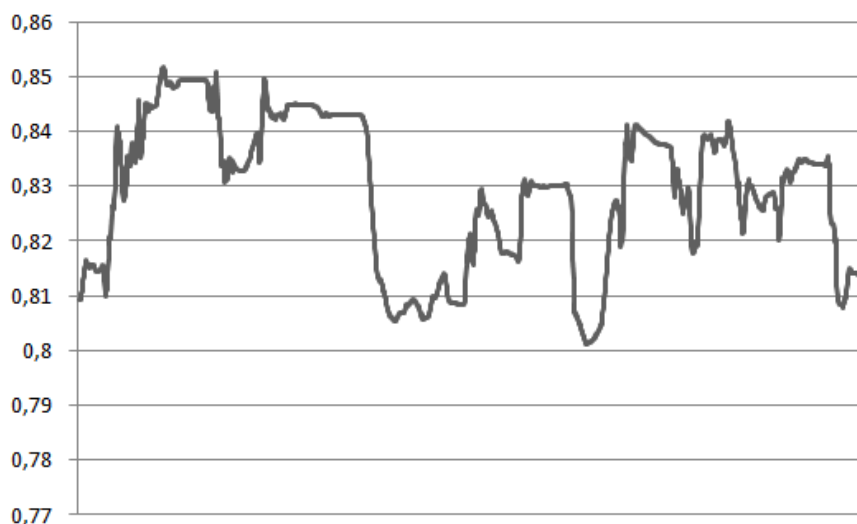


Рис. 3. График изменения коэффициента k_1 для программы №3

Значительная часть графика находится выше линии $k_1 = 0,81$, что свидетельствует об эффективности данной программы испытаний. Максимальный коэффициент был достигнут в начале работы программы № 3. График изменения коэффициента k_1 для программы № 2, показавшей наилучший результат, показан на рис. 4.

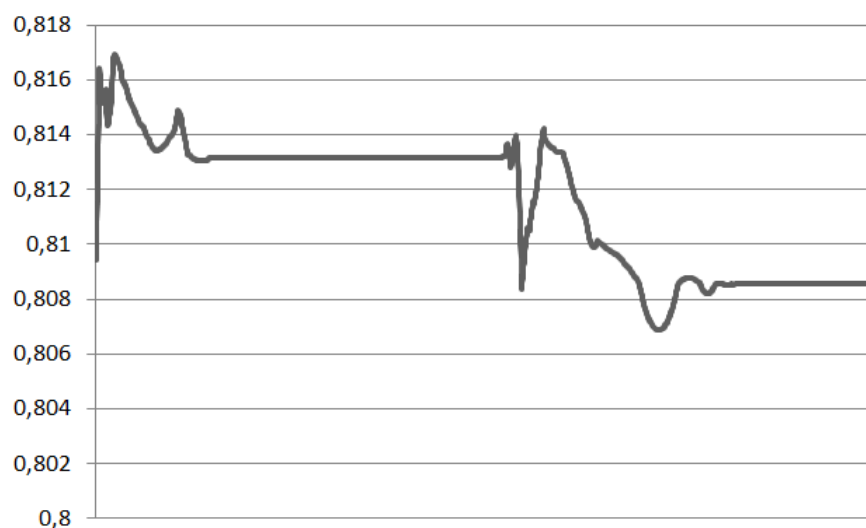


Рис. 4. График изменения коэффициента k_1 для программы №2

Программа испытаний № 2 в целом малоэффективна, так как вызывает малое изменение коэффициента, как видно на графике. На протяжении большого количества итераций (2000) коэффициент не изменяется. Все изменения происходят при начальных итерациях операций притяжения деталей. Можно сделать вывод, что для улучшения эффективности программы № 2 следует уменьшить количество итераций и, например, повторить данные операции. График изменения коэффициента для программы №5 показан на рис. 5.

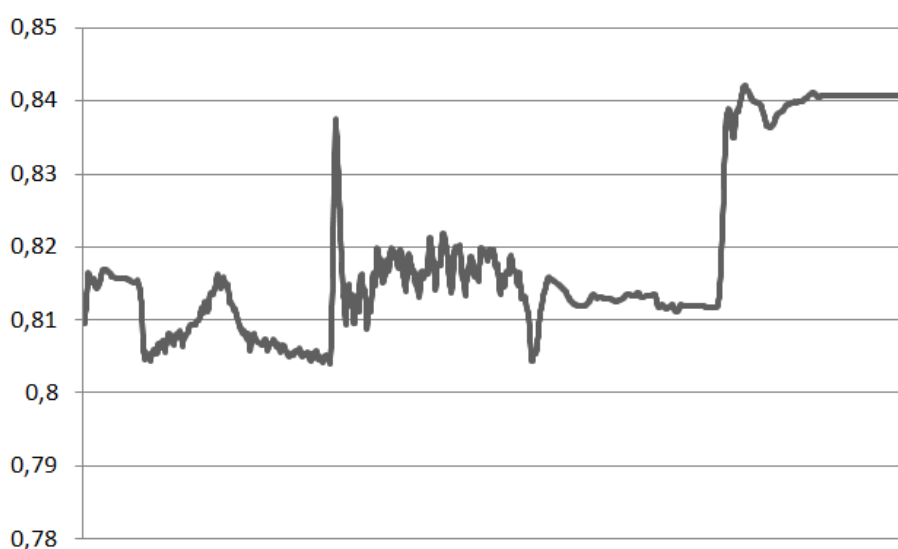


Рис. 5. График изменения коэффициента k_1 для программы №5

Программа № 5 – составная программа из программ № 1 и № 2. Несмотря на малую эффективность операций программы № 2, программа № 5 показала средний результат. Максимальный коэффициент достигается в конце выполнения программы испытаний и приходится на начало

операции притяжения деталей вниз. В целом коэффициент несколько раз опускается ниже начального значения. Это происходит во время передвижения по осям. При переходе от первой операции ко второй коэффициент практически достигает максимума. В конце программы коэффициент выходит на стационарное значение.

Приведенный имитационный алгоритм раскроя упаковки материалов позволил улучшить качественные показатели упаковки, такие как коэффициент раскроя (улучшение на 5 %) и коэффициент делового остатка (улучшение на 161 %), используя пять программ испытаний. Лучшей программой испытаний признана программа № 3 – случайное изменение силы гравитации, действующей на детали в системе.

Библиографический список

1. Файзрахманов Р.И. Оптимизация процесса раскроя промышленных материалов по критерию минимума материальных потерь при наличии технологических ограничений. – Уфа, 2011. – 139 с.
2. Lodi A., Martello S., Monaci M. Two-dimensional packing problems: a survey // *European Journal of Operational Research*. – 2002. – № 141.
3. Петунин А.А., Мухачева Э.А., Филиппова А.С. Метод прямоугольной аппроксимации для решения задач нерегулярного фигурного раскроя-упаковки // *Информационные технологии*. – 2008. – № 1.
4. Авакумов В.Д. Оптимальное размещение плоских объектов произвольной геометрической формы // *Информационные технологии*. – 2009. – № 5.
5. Хемди А., Таха. Введение в исследование операций: пер. с англ. – М.: Изд-во Вильямс, 2007. – 912 с.
6. Строгалева В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008. – 279 с.

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРТНО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Доктор техн. наук, профессор А.В. Затонский

Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Определено место информационных экспертно-управляющих систем на современном химико-технологическом предприятии. Описаны типовые шаги по их построению. Показаны особенности повышения эффективности производства за счет использования подобных систем.

Ключевые слова: автоматизация; идентификация; оптимизация.

SOME PERSPECTIVES OF EXPERT CONTROL SYSTEMS USING FOR INCREASE OF EFFICIENCY OF PRODUCTION

Doctor of Technical Sciences, Professor A.V. Zatonskiy

Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

The position of informatics expert and control systems on modern chemical-technology enterprise is determined. Usual steps for their development and implementation are described. Features of a production efficiency growth by such systems are shown.

Keywords: automation; identification; optimization.

Современные химико-технологические предприятия хорошо автоматизированы. На них к настоящему времени в полном объеме реализованы уровни управления *Control*, *Scada*, иногда и более высокие. Наибольшая доля автоматизации приходится на создание локальных систем автоматического регулирования (САР): одноконтурных, каскадных, комбинированных, взаимосвязного регулирования. Здесь внедряются типовые решения фирм-поставщиков (*Siemens*, *Honeywell*, ДЭП, ОВЕН и т.п.) с настройкой под объект. Обвязка объекта производится также из стандартных компонентов.

Исходными данными для настройки являются технологические регламенты. Однако откуда берутся настройки САР в технологическом регламенте? Это результат успешного положительного опыта использования оборудования, одно из допустимых решений задачи управления процессом. Допустимость подтверждается статическими балансами тепла, массы, вещества и т.д., при этом обычно не исследуется в широком диапазоне динамика объекта, а также не всегда производится согласование параметров множества отдельных технологических процессов. Это приводит, например, к небалансу хлорида магния в филиале «Ависма» ОАО «Корпо-

рация ВСМПО-Ависма» (то девать некуда, то на процесс не хватает), периодическим рассогласованиям в материальных потоках на обогатительной фабрике ОАО «Уралкалий» и т.д.

Управления материальными потоками между переделами на предприятиях, как правило, нет. Для следующего передела поток с предыдущего является «исходным данным», а отклонения в нем – возмущающим воздействием, с которым приходится бороться (в том числе с использованием локальных САР). Это приводит к лишним энергозатратам и снижению производственной мощности.

Ресурсом экономии может также быть изменение технологического регламента, основанное на изучении свойств отдельного объекта или целой технологической цепочки по индивидуально созданной модели.

Натурный эксперимент на оборудовании (и тем более на производстве в целом) нежелателен, потому что дорого обходится и не позволяет решить задачу оптимизации в целом, а только опробовать какое-то одно изменение в ведении процесса или управлении участком.

Следовательно, возникает потребность в переходе от локальных САР к взаимоувязанному управлению всеми аппаратами и технологическими цепочками производства. При этом происходят «рост» математического аппарата, описывающего объекты управления, и его принципиальное изменение:

- уровень аппаратов – описывается линейными дифференциальными уравнениями, адекватными в окрестности рабочей точки (обычно $\pm 5\%$), при существенном отклонении требуется адаптация настроек САР;

- уровень участка:

- традиционно **используются** статические балансовые модели;

- **могут** использоваться динамические модели массового обслуживания, в которых из всех параметров технологического процесса учитывается только время процесса (или время пребывания);

- **должны** использоваться динамические математические модели аппаратов, взаимоувязанные по потокам вещества и энергии, по результатам работы которых обоснованно устанавливаются задания САР;

- уровень производства:

- используются системы сбора информации, сигнализации и диспетчеризации, **не содержащие** никаких моделей; собранная и обогащенная информация используется для поддержки принятия специалистами эвристических решений;

– **могут** использоваться для увязки материальных потоков модели массового обслуживания;

– **должны** использоваться модели искусственного интеллекта (экспертные модели), позволяющие разгрузить специалистов от решения простых вопросов и подготавливать варианты их решений, оптимальные с точки зрения каких-то критериев (экономических, качества продукции, объема продукции и т.п.).

В отличие от стандартных решений по управлению оборудованием каждая такая модель является уникальным научным продуктом и разрабатывается под конкретное оборудование (участок, производство) и конкретные задачи. Она не может быть «приобретена» в составе контроллера и т.п.

Для их построения стандартной является следующая последовательность действий (рисунок):

– пассивная (статистическая) идентификация объектов управления;

– построение математических динамических моделей, основанных на физических и химических процессах в аппаратах, запаздываниях при передаче потоков, возможно, учитывающих вероятностные распределения параметров;

– оснащение полученных моделей по результатам идентификации;

– исследование допустимых / оптимальных режимов с учетом взаимосвязей аппаратов в составе участка или производства: результатом являются оптимальные **настройки САР** для заданной производственной мощности, сырья и т.п.

– управление по модели в случае существенного изменения состава сырья, загрузки, параметров аппаратов и т.п., выходящих за традиционные $\pm 5\%$: при этом происходит расчет не только настроек, но и **заданий** для САР;

– разработка архитектуры экспертной системы (нейронная сеть, сеть интеллектуальных агентов, описание в нечеткой математике с «плавающими» функциями принадлежности и т.п.), позволяющей идентифицировать производственные ситуации, предлагать варианты решений для специалистов, анализировать последствия решений на заданном отрезке времени;

– обучение экспертной системы на производственных ситуациях и на правильно подобранных результатах моделирования системы, вывод ее на уровень адекватных решений, подключение к решению задач, возникающих при **нарушениях** в производстве.

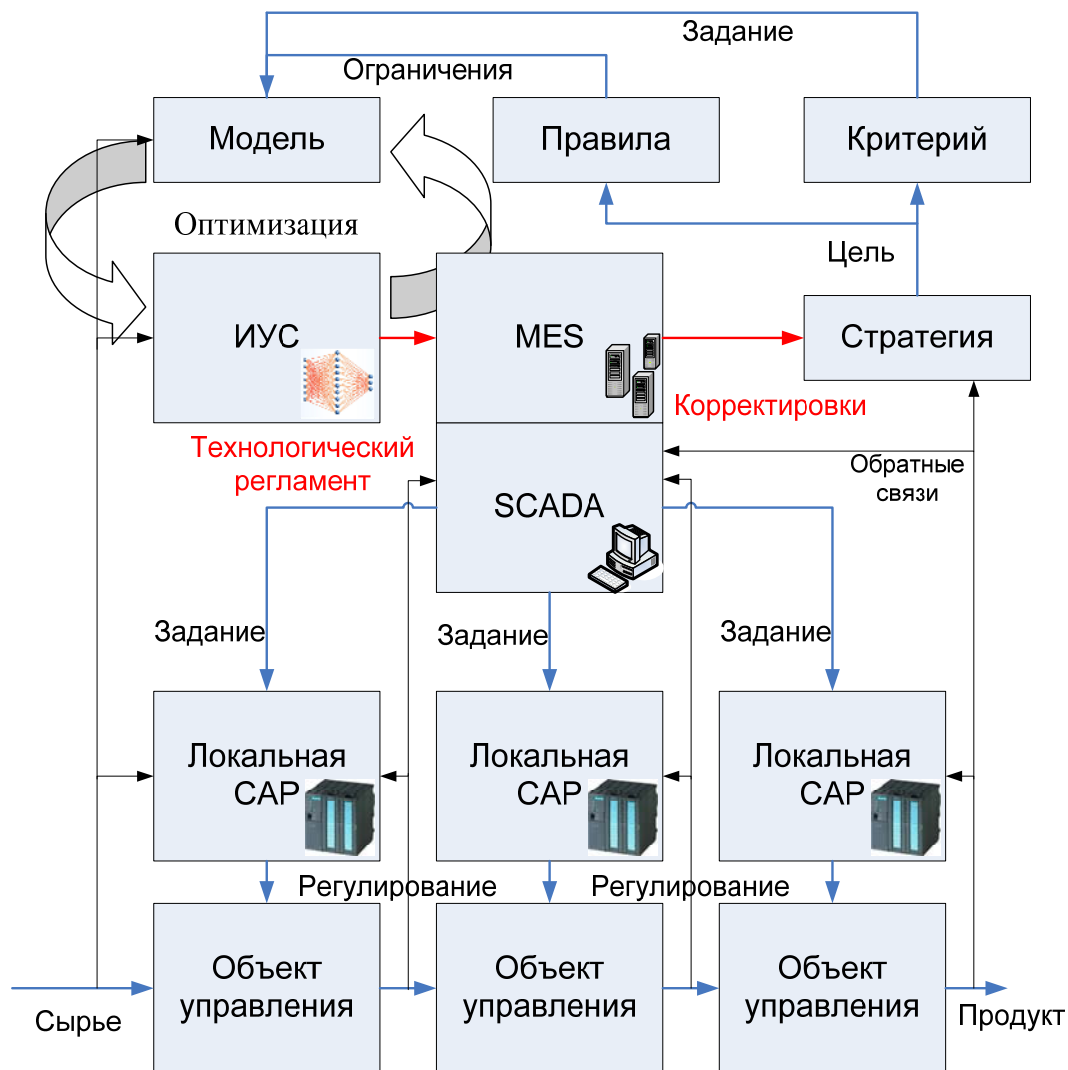


Рис. Иерархия систем управления и связи между ними

По оптимистичным оценкам, например, применение подобного подхода при производстве радиоэлектронных компонентов имеет рентабельность (доходы/затраты за 3–5 лет) порядка 500%*. По более пессимистичным прогнозам возможно снижение прямых затрат на производство на 5–15%.

* Васильева Т. Оценка экономической эффективности внедрения экспертных систем в производство РЭА // Chip news. – 2007. – №5 (18). – С. 15–16.

ОЦЕНКА КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Курсант гр. 3932 А.М. Шацкая

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *О.М. Лепешкин*
Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Рассматривается оценка конфликтных ситуаций в социальных и экономических системах между социальными подсистемами на основе матричных антагонистических игр, которая позволяет оценивать угрозы доступности и достоверности информации и вырабатывать требования к управлению информационными потоками в режиме реального масштаба времени.

Ключевые слова: социальные и экономические системы, оценка конфликтных ситуаций, угроз безопасности функционирования.

EVALUATION OF CONFLICT IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

Cadet of group 3932 A.M. Shatskaya

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *O.M. Lepeshkin*
Military Academy of Telecommunications, St. Petersburg

The article considers the assessment of conflict situations in social and economic systems between social subsystems based on matrix zero-sum games, which allows to evaluate the threat of availability and reliability of information and to develop requirements for the management of information flows in real time scale.

Keywords: Social and economic systems, the assessment of conflict situations, threats to the security function.

В настоящее время научные исследования направлены на изучение и построение сложных, больших и слабоформализуемых конфликтных ситуаций в социальных и экономических системах (СИЭС). В общем случае [1] СИЭС представляет собой три взаимосвязанные подсистемы: две социальные подсистемы, которые взаимодействуют между собой через технику и интеллектуальную подсистему. Причем в данной схеме (рис. 1) взаимодействия социальная подсистема 1 порождает информационный поток на основе системных ресурсов, который является входными данными для социальной подсистемы 2.

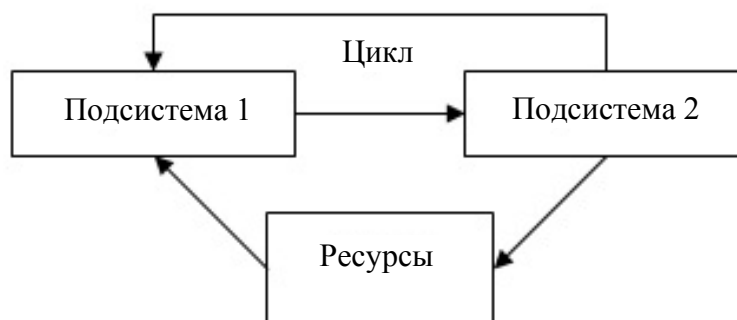


Рис. 1. Взаимодействие подсистем СИЭС через информационные потоки

Социальная подсистема 2, в свою очередь, порождает информационный поток на основе предоставленных ресурсов, выполняя конечную цель СИЭС. Взаимодействие социальных подсистем на основе информационных потоков представлено на рис. 1.

Достижение конечной цели СИЭС имеет временные ограничения. Допустим, что время достижения цели равно T , тогда временная диаграмма СИЭС будет иметь вид согласно рис. 2.

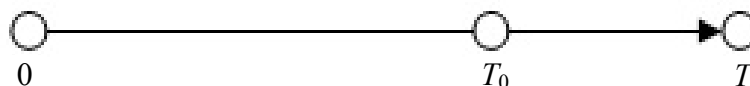


Рис. 2. Время достижения конечной цели СИЭС

Здесь T_0 – время порождения информационного потока социальной подсистемой 1.

При функционировании СИЭС социальная подсистема 1 стремится к максимальному времени порождения информационного потока: $T_0 \rightarrow T$. При этом социальная подсистема 2 стремится за время $T - T_0$ обработать очередь информационных потоков подсистемы 1. Таким образом, имеет место конфликт социальных подсистем 1 и 2 как конфликт субъектов с противоположными целями. Указанный конфликт приводит к появлению угроз безопасности функционирования СИЭС, которыми являются угрозы доступности и достоверности информации.

В условиях стратегической (поведенческой) неопределенности, которая появляется в условиях конфликта, понятие оптимальности принимаемого решения значительно труднее поддается формализации. Теория математических моделей принятия оптимальных решений составляет значительную часть науки, которая получила название исследования операций [2]. Особое место в исследовании операций занимает раздел, занимающийся теорией математических моделей принятия оптимальных решений в условиях конфликта, который получил название теории игр [3]. Теория игр, как теория математических моделей, базируется на использовании формальных, знаковых моделей для описания конфликта, а также использует формальные средства их анализа. В теории игр успешно были реализованы определения понятия конфликта и принятия решения. В то же время понятие оптимальности удалось в настоящее время реализовать только для части игр. Поэтому при анализе систем принятия решений и управления ограничиваются рассмотрением только тех конфликтов, которые описываются моделями бескоалиционных (множества коалиций действия и интересов совпадают, определены функции выигрыша) и антагонистических (число игроков равно двум, а значения их функций выигрыша в любой ситуации равны и противоположны по знаку) игр.

Для бескоалиционных и антагонистических игр условия оптимальности основываются на понятии равновесия.

Решение задач синтеза систем оптимального управления и принятия решения в условиях конфликта традиционно связано с математическими методами отыскания экстремумов функций и функционалов, нахождения равновесных состояний, что позволяет решать задачи синтеза систем управления и принятия решений в практически важных случаях.

Формирование модели условий конфликтного взаимодействия оптимизируемой системы с другими системами основывается в простейшем случае с позиции теории игр как конфликт двух игроков (A , B). При этом конфликт рассматривается как операция, в которой игроки имеют различные цели и реализуют свою деятельность и выбирают свои стратегии в соответствии со своими целями [2, 4]. Исследование операции проводится всегда с точки зрения одного игрока, а эффект достижения цели определяется векторным показателем $W = (WA, WB)$ и критерием $K = (KA, KB)$, связанные с целями поведения сторон на рис. 3.

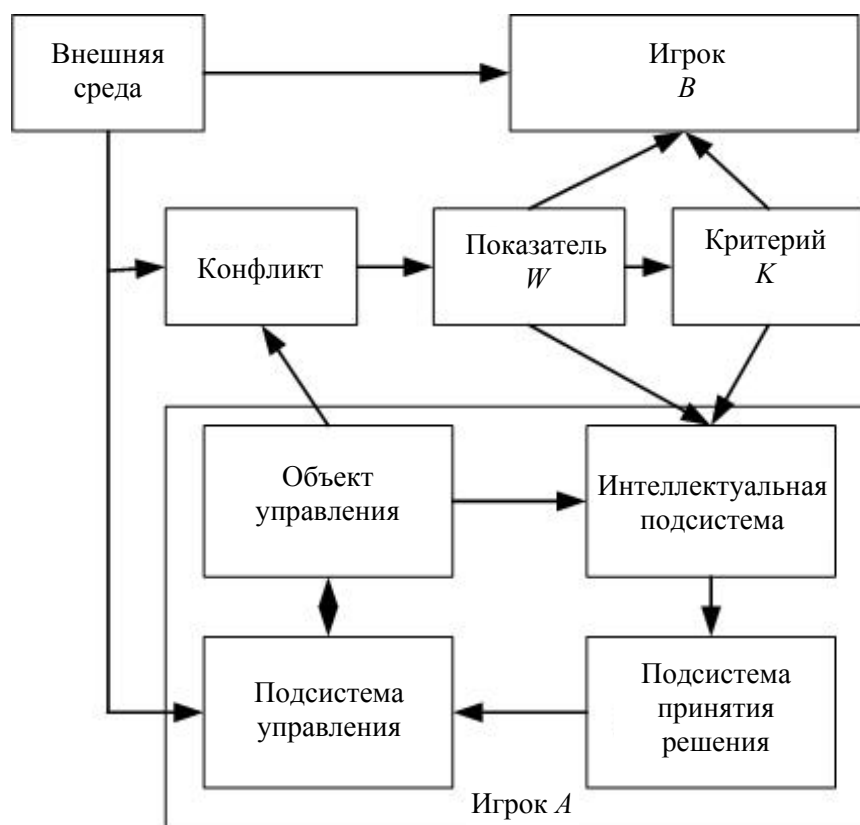


Рис. 3. Общая схема конфликта как операции двух систем с разными целями

Принятие решений, обеспечивающих оптимальное противодействие одной или нескольким конфликтующим системам, основывается в условиях конфликта на использовании моделей, методов и алгоритмов принятия

оптимальных решений в теории игр. В рассматриваемом случае ограничимся матричными антагонистическими (игры двух лиц с нулевой суммой), которые имеют развитый инструментарий решения прикладных задач [4].

Определение и математическое описание классов допустимых систем управления объектом управления основывается на теории систем управления [2, 5]. В основе рассматриваемой задачи оптимизации системы управления объектом используется подход, основанный на использовании корреляционной теории статистической оптимизации систем, разработанной профессором Н.И. Андреевым [6]. В его работах разработаны методы исследования сложных линейных и нелинейных динамических систем, подверженных случайным воздействиям. Большое внимание им уделено исследованию динамических систем с заданной структурой, так как для прикладных задач эти системы играют, с одной стороны, важную роль, а, с другой стороны, приводят к значительному усложнению математических задач оптимизации этого класса систем.

Отыскание экстремума критерия или точек равновесия в игровых задачах, а также соответствующих им характеристик для построения интеллектуальной системы принятия решений и управления в условиях конфликта основывается на современной теории игр в тех случаях, когда удастся формализовать все элементы и факторы конфликта.

Таким образом, оценка конфликтных ситуаций в СИЭС между социальными подсистемами на основе матричных антагонистических игр позволяет оценивать угрозы доступности и достоверности информации и выработать требования к управлению информационными потоками в режиме реального масштаба времени.

Библиографический список

1. Лепешкин О.М. Метод разрешения конфликтов доступа в информационно-управляющих системах на основе среды радикалов // Вестник Ставропол. гос. ун-та. – 2011. – № 4. – С. 103–110.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.
3. Воробьев Н.Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры. – М.: Наука, 1984.
4. Кини З.Л., Ральф Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981.
5. Харшени Дж., Зельтон Р. Общая теория равновесия в играх. – СПб.: Экономическая школа, 2001.
6. Андреев Н.И. Теория статистических оптимальных систем управления. – М.: Наука, 1980.

ПОСТРОЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ МОДУЛЕЙ В *SIMULINK* ДЛЯ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ С ИДЕНТИФИКАТОРОМ

Аспиранты Ву Ань Хиен, А.В. Осина

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Т.В. Ягодкина*
 Национальный исследовательский университет
 «Московский энергетический институт», г. Москва

Рассмотрено применение алгоритмов идентификации и модального управления для создания Simulink-библиотеки управления многомерными системами по моделям, полученным в результате идентификации.

Ключевые слова: структурная и параметрическая идентификация, методы оценивания параметров, модальное управление.

DESIGN A SIMULINK'S LIBRARY OF MODAL CONTROL FOR MULTIVARIABLE SYSTEM WITH ESTIMATOR

Graduate Student Vu Anh Hien, A.V. Osina

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *T.V. Yagodkina*
 National research University «Moscow energy Institute», Moscow

Apply identification and modal control algorithm to design a Simulink's library of control for multivariable systems with estimators.

Keywords: structural and parametric identification, parameter estimation methods, modal control.

1. Многомерные объекты в библиотеке

В работе используются три многомерных системы для включения в библиотеку, имеющие 2 входа и 2 выхода. Схемы систем показаны на рис. 1, а, б, в.

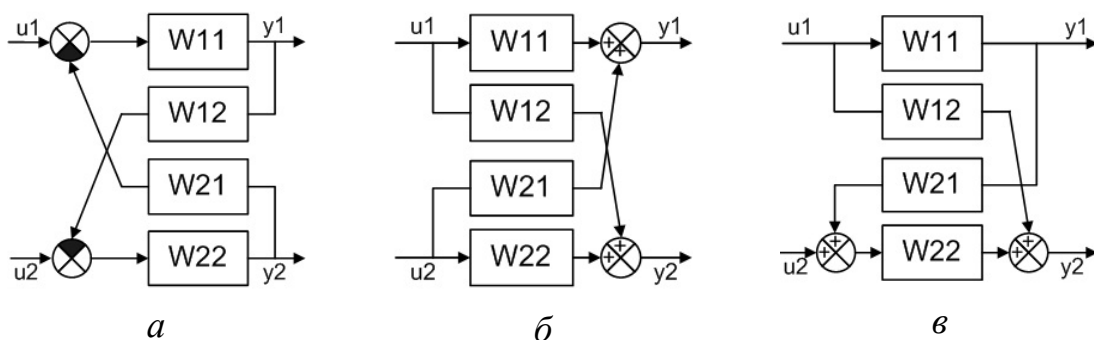


Рис. 1. Схемы систем

Передаточные функции W_{ij} имеют вид:

$$W_{ij}(s) = \frac{1}{s^2 + a_1s + a_0} \text{ или } W_{ij}(s) = \frac{1}{s + a_0}.$$

2. Идентификация многомерного объекта

Для идентификации многомерного объекта одним из самых эффективных инструментов является использование *System Identification Toolbox* в *MatLab* [3], а именно алгоритм N4SID, который использует матрицы состояний систем. Для трех систем, представленных выше, в результате проведения структурной идентификации был определен порядок, равный 6, ранг матрицы \mathbf{A} : $\text{rank}(\mathbf{A}) = 6$.

3. Модальное управление с использованием полной информации о векторе состояния

Рассмотрим случай, когда все составляющие вектора состояния объекта управления доступны непосредственному измерению. Задача сводится к определению коэффициентов обратных связей по состоянию объекта [1]. Пусть полностью управляемый и наблюдаемый объект описывается следующими уравнениями в векторно-матричной форме:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k), \\ \mathbf{y}(k) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k) + \mathbf{D}\mathbf{u}(k). \end{cases} \quad (1)$$

Выходные сигналы регулятора могут быть поданы на систему в тех же точках, через которые могут подаваться измеримые внешние воздействия. Обозначая эти внешние воздействия через \mathbf{v} , а $m \times n$ -матрицу преобразования регулятора – через \mathbf{P} , получаем полное воздействие на объект:

$$\mathbf{u} = \mathbf{v} - \mathbf{P}\mathbf{x}. \quad (2)$$

Объединяя уравнения (1) и (2), получим следующее уравнение замкнутой дискретной системы:

$$\mathbf{x}[k+1] = (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{P})\mathbf{x}[k] + \mathbf{B}\mathbf{v}[k]. \quad (3)$$

Если в области дискретных изображений по Лапласу уравнения (2) и (3) разрешить относительно $\mathbf{X}(z)$, то получим следующие матричные передаточные функции, описывающие систему:

$$\mathbf{W}(z) = \frac{\mathbf{X}(z)}{\mathbf{U}(z)} = (z \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B}, \quad (4)$$

$$\mathbf{\Phi}(z) = \frac{\mathbf{X}(z)}{\mathbf{V}(z)} = (z \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{P})^{-1} \mathbf{B}. \quad (5)$$

Задача состоит в нахождении такой ($m \times n$) – матрицы \mathbf{P} регулятора, при которой замкнутая система получает наперед заданное расположение корней характеристического уравнения, имеющего вид

$$\det(z \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{P}) = 0. \quad (6)$$

Задачу синтеза модального регулятора для объекта с несколькими входами сведем к задаче синтеза одномерного регулятора. Для этого положим $\mathbf{P} = \mathbf{q}\mathbf{p}$, где \mathbf{q} – матрица-столбец $m \times 1$, а \mathbf{p} – матрица-строка $1 \times n$. Тогда уравнение (6) можно переписать в виде

$$\det(z \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{q}\mathbf{p}) = 0 \quad (7)$$

или

$$\det(z \cdot \mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{b}\mathbf{p}) = 0, \quad (8)$$

где $\mathbf{b} = \mathbf{B}\mathbf{q}$ – матрица-столбец $n \times 1$.

Представим передаточную функцию объекта в другом виде. Записав обратную матрицу в развернутой форме и перемножив ее с матрицей \mathbf{B} , получим:

$$\mathbf{W}(z) \cdot \mathbf{q} = \frac{\mathbf{g}(z)}{F(z)} = \frac{1}{F(z)} \begin{bmatrix} g_1(z) \\ \vdots \\ g_n(z) \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Здесь $\mathbf{g}(z)$ – матрица-столбец $n \times 1$, а

$$\mathbf{F}(z) = \det(z\mathbf{I} - \mathbf{A}) \quad (10)$$

– это характеристический полином.

Структурная схема замкнутой системы, образующейся в результате, показана на рис. 2.

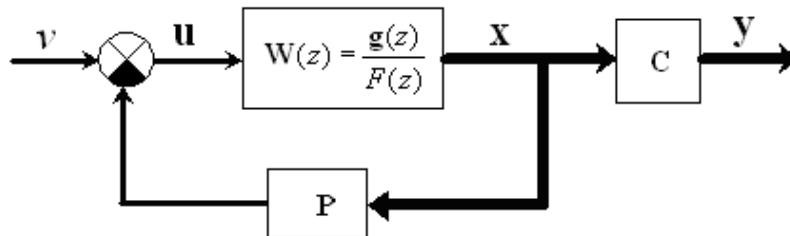


Рис. 2. Структурная схема замкнутой системы

Характеристическое уравнение этой системы получается приравнением к нулю суммы из произведения передаточных функций звеньев контура, взятого со знаком минус и единицы. В данном случае

$$\mathbf{P} \frac{\mathbf{g}(z)}{\mathbf{F}(z)} + 1 = 0, \quad (11)$$

где порядок следования матричных сомножителей взят таким, чтобы произведение было скалярной величиной. Пусть желаемый полином замкнутой системы

$$H(z) = (z - \lambda_1) \dots (z - \lambda_n).$$

Приводя левую часть уравнения (11) к общему знаменателю и учитывая, что получившийся числитель равен характеристическому полиному $H(z)$ замкнутой системы, приходим к важному соотношению:

$$\mathbf{P}\mathbf{g}(z) = H(z) - F(z) = \sum_{i=1}^n P_i g_i(z). \quad (12)$$

В этом соотношении неизвестной является только матрица $\mathbf{P} = \mathbf{q}\mathbf{r}$.

Матрица-столбец $\mathbf{g}(z)$ вместе с полиномом $F(z)$, а также полином $H(z)$ предопределены соответственно параметрами объекта и желаемым расположением корней замкнутой системы. Приравнявая коэффициенты левой и правой частей (12) при одинаковых степенях z , получаем систему алгебраических уравнений. Из этой системы можно найти все элементы матрицы регулятора \mathbf{P} , обеспечивающего заданное расположение корней замкнутой системы.

Таким образом, расчет и конструирование модальных регуляторов можно свести к последовательности действий, описанной ниже [2]:

- выбираем $(m * 1)$ -матрицу \mathbf{q} . Этот выбор произволен;
- полагаем $\mathbf{P} = \mathbf{q}\mathbf{r}$, где \mathbf{q} – матрица-столбец $m \times 1$, а \mathbf{r} – матрица-строка искоемых коэффициентов одномерного регулятора $1 \times n$;
- представляем передаточную функцию объекта в виде (9);
- вычисляем выражение для левой части соотношения (12);
- выбираем желаемое распределение корней характеристического уравнения, то есть выбираем желаемую стандартную форму характеристического полинома замкнутой системы;
- находим характеристический полином с помощью формулы (10);
- вычисляем выражение для правой части соотношения (12).

Приравниваем коэффициенты при одинаковых степенях z полиномов, полученных на четвертом и восьмом шагах, получаем систему уравнений для определения неизвестных параметров. Решив ее при известных остальных параметрах системы, находим параметры одномерного модального регулятора \mathbf{r} .

С помощью выражения $\mathbf{P} = \mathbf{q}\mathbf{r}$ вычисляем искоемые значения коэффициентов многомерного регулятора.

4. Достигнутые результаты

4.1. Библиотека

Модули в библиотеке состоят из следующих блоков: 3 ММО блочно-структурированных объектов, структура которых отображается на блоке, блок модального управления ММО-системы, блок модального управления SISO-системы. Библиотека показана на рис. 3.

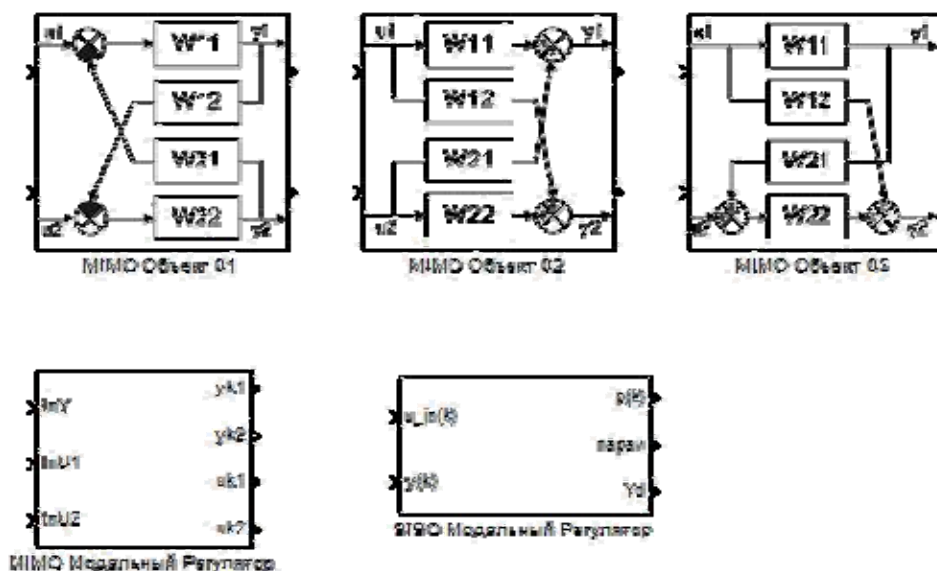


Рис. 3. Библиотека модального регулирования

4.2. Схема моделирования

При вызове *Simulink* появляется модуль GUI «Модальный регулятор». Интерфейс модуля предназначен для тестирования систем идентификации и управления, является интуитивно понятным и компактным. В модуле могут быть заданы и изменены параметры: $q1$, $q2$ (параметры матрицы q), $w0$ (желаемый корень системы); $T0$ – период дискретизации по времени; *Время* – время выполнения моделирования.

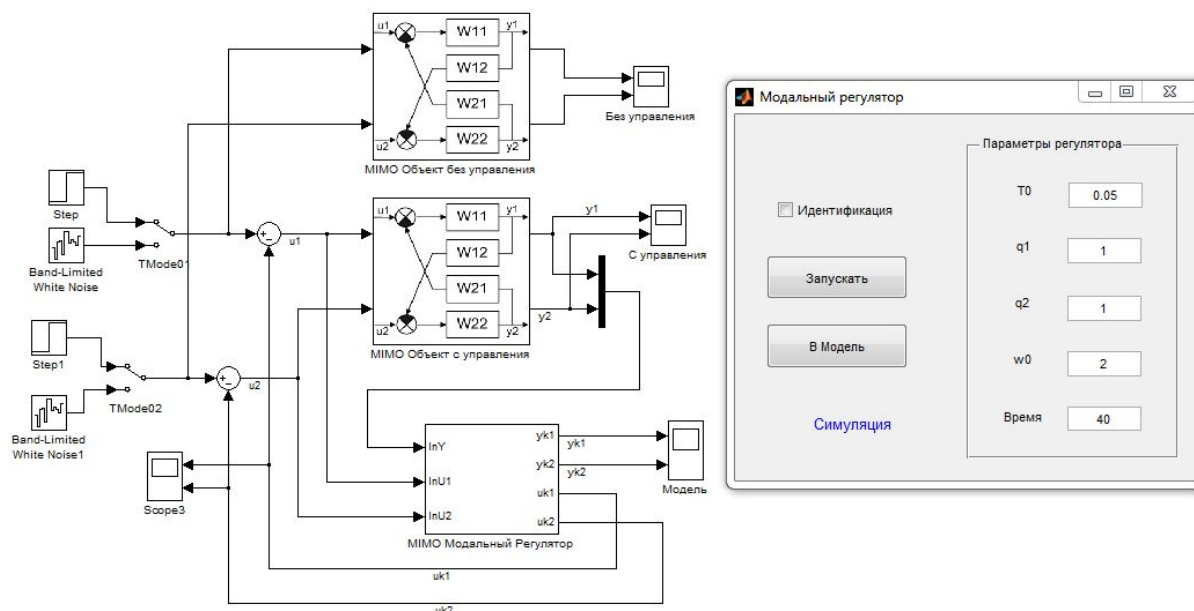


Рис. 4. Схема моделирования

Параметры объектов могут быть изменены с помощью двойного щелчка на блок «*МIMO Объект с управлением*» и «*МIMO Объект без управления*», после чего вводятся параметры стандартных блоков звеньев, входящих в систему («*Transfer Function*» *Simulink*) (рис. 4).

Построение модального регулятора проводится по шагам:

1. *Идентификация системы*, для чего выбирается шаг «Идентификация», вводятся « $T0$ » и «*Время*» и нажимается кнопка «*Запустить*». Программа автоматически запустит схему; в конце процесса идентификации следует нажать кнопку «*В Модель*», чтобы вставить параметры матриц в модель.

2. *Моделирование*, для чего отжимается кнопка «Идентификация». После задания параметров $q1, q2, w0$, следует нажать на кнопку «*Запустить*» для моделирования схемы. Результаты будут приведены на осциллографах (в соответствующих блоках «Score»). Для примеров выбираем $q1=q2=1, w0=2, T0=0,05(c)$.

Для объекта (см. рис. 1 и 5):

$$W_{11} = \frac{1}{s^2 + 0,5s + 3}; \quad W_{12} = \frac{1}{s + 7}; \quad W_{21} = \frac{1}{s + 2}; \quad W_{22} = \frac{1}{s^2 + s + 1}.$$

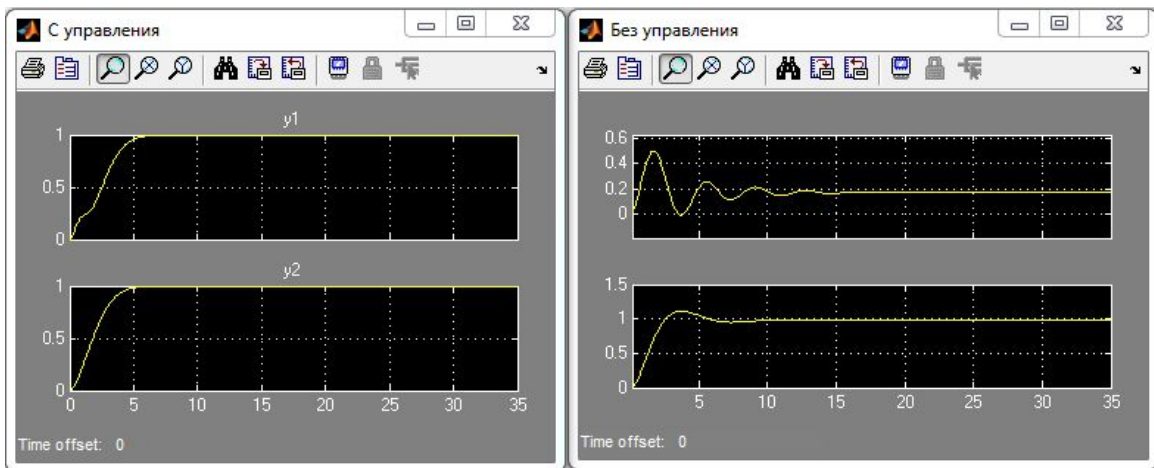


Рис. 5. Результат для объекта (см. рис. 1)

Для объекта (см. рис. 2 и 6):

$$W_{11} = \frac{1}{s^2 + s + 1}; \quad W_{12} = \frac{1}{s + 5}; \quad W_{21} = \frac{1}{s + 3}; \quad W_{22} = \frac{1}{s^2 + 0,5s + 3}.$$

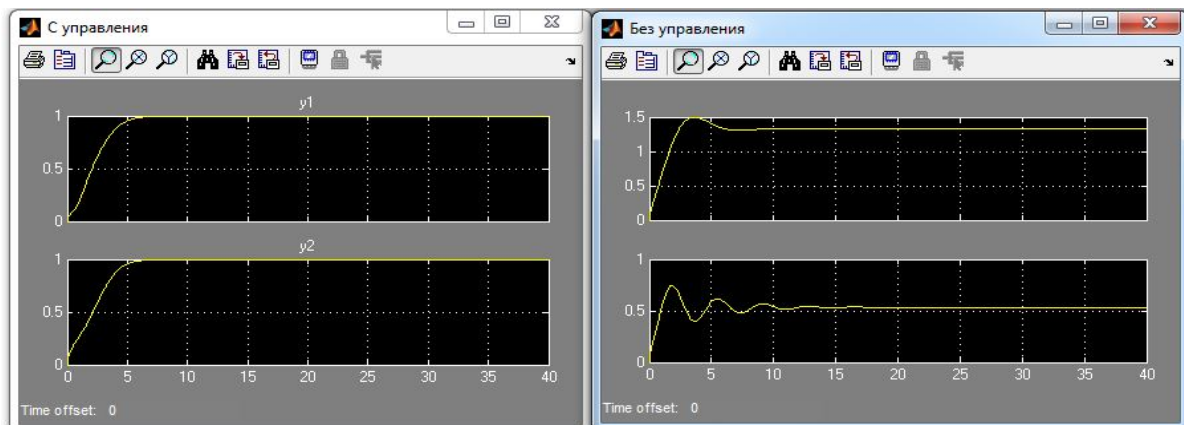


Рис. 6. Результат для объекта (см. рис. 2)

Для объекта (см. рис. 3 и 7):

$$W_{11} = \frac{1}{s^2 + s + 1}; \quad W_{12} = \frac{1}{s + 5}; \quad W_{21} = \frac{1}{s + 3}; \quad W_{22} = \frac{1}{s^2 + 0,5s + 3}.$$

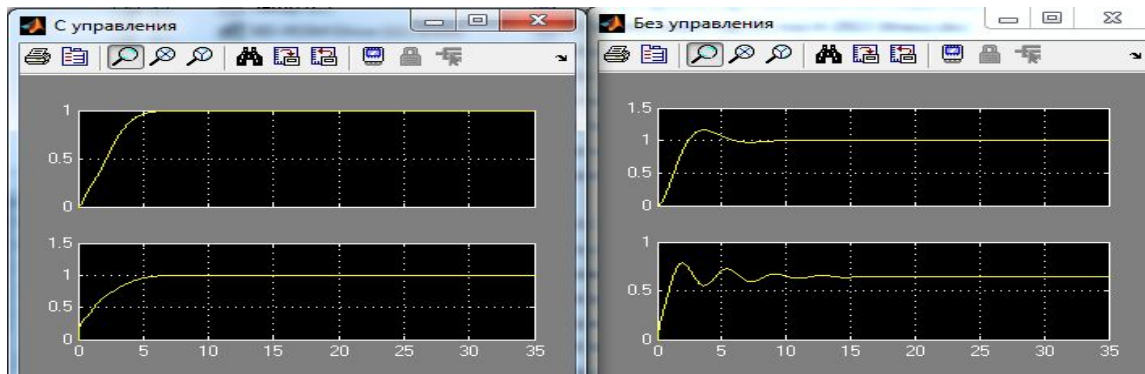


Рис. 7. Результат для объекта (см. рис. 3)

Заключение. Создание библиотеки модулей и ее тестирование предназначены для разработки модулей адаптивного управления многомерными системами.

Библиографический список

1. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства – М.: Машиностроение, 1976.
2. Осина А.В, Ягодкина Т.В. Синтез систем модального управления с идентификаторами // Вестник МЭИ. – 2013. – № 2. – С. 109–114.
3. Lennart Ljung – System Identification Toolbox User's Guide [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс.

КРИТЕРИЙ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, АНАЛИЗ И ФОРМУЛИРОВКА КРИТЕРИЯ

Аспирантка А.Е. Буракова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Основная цель промышленного предприятия, в том числе нефтеперерабатывающего, в условиях рыночной экономики – обеспечение получения прибыли, конкурентоспособности и их повышения. Это ставит задачу повышения эффективности функционирования как задачу всеобщего управления качеством на предприятии.

Ключевые показатели эффективности – это индикаторы, используемые для демонстрации прогресса в достижении значений факторов, считающихся оптимальными для успешной деятельности организации.

В статье приведены результаты исследования связей между показателями процессов на предприятии и показателями, характеризующими его стратегическое развитие. Обоснована система распределенного иерархического управления предприятием и автоматизированными производствами. Выявлены контуры управления, позволяющие оценивать отклонения фактического состояния предприятия от стратегических и оперативных целей.

Отсутствие алгоритмов и критериев для оценки отдельных процессов предприятия по отношению к показателям работы всего предприятия, не позволяет выстроить систему постоянного улучшения деятельности предприятия и обуславливает актуальность темы настоящего исследования.

Ключевые слова: нефтепереработка; управление предприятием; стратегическое управление; оперативное управление; эффективность управления; качество; иерархия управления.

COMPREHENSIVE MANAGEMENT OF AUTOMATED OIL REFINING INDUSTRIES. STATEMENT OF THE PROBLEM, ANALYSIS AND FORMULATION OF THE CRITERION

Graduate Student A.E. Burakova

Perm National Research Polytechnic University

The main goal of the industrial enterprises, including oil refining, is ensuring profit, competitiveness and their increase. This makes the problem of increasing efficiency of functioning as an objective of total quality management at the enterprise. In order to measure the efficiency of functioning and making decisions of management, a system of criteria, indicators and methods is required. Over time, the criteria and measures of company performance evolve due to the development of scientifically grounded methods of their assessment, and failure to solve the tasks of the comprehensive evaluation of all processes at the enterprise. There is a gradual, continuous transition from the accounting of fixing the results of work of the enterprise, to everyone's management, on the basis of key indicators of the long-term strategic development.

Based on the foregoing, the article presents the results of research on the linkages between indicators of processes and indicators of its strategic development.

Keywords: oil refining, enterprise management, strategic management, operational management, management effectiveness, quality, management hierarchy.

Анализ текущего состояния системы показателей деятельности предприятия. Эффективность управления организацией и ее конкурентоспособность тесно связаны со стратегическим планированием, которое базируется на измеримых и актуальных долгосрочных целях. Для их реализации необходимо сформулировать видение организации и ее миссию, определить стратегию развития. Все эти компоненты должны быть согласованы друг с другом и основаны на реальной ситуации, в которой сейчас находится предприятие.

В основе управления предприятием лежит разработка стратегии, ее адаптация к специфике компании и реализация. Разработка, внедрение и реализация стратегии – приоритетные задачи менеджмента. Стратегия создает ориентиры производительности, представление о конкурентных преимуществах, план действий для удовлетворения покупателей и достижения высокой производительности.

В основе эффективного управления предприятием лежит не только хорошо продуманная стратегия развития, но и контроль за ее выполнением. На данный момент эту роль выполняет система ключевых показателей результативности – система взаимосвязанных показателей, характеризующих степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Цель системы ключевых показателей результативности – повышение результативности управления предприятием путем разработки и внедрения инструмента управления, иерархически структурирующего цели предприятия и воплощающего их в систему взаимосвязанных показателей. Управление процессами на основе методологии ключевых показателей результативности (КПР) заключается в минимизации отклонений фактических значений показателей от установленных нормативов и плановых величин.

В качестве цели верхнего уровня сформулированы видение и миссия предприятия, которые основываются на изучении и осмыслении специфики деятельности предприятия, его места и роли в компании и экономике региона. Стратегические цели детализируют видение и миссию предприятия.

На рис. 1 система ключевых показателей результативности представлена в виде схемы. Достижение стратегических целей обеспечивается через формулирование целей процессов первого уровня. Из приведенной схемы следует, что на предприятии существует большое количество показателей, по которым определяются результаты деятельности на данный период времени. На практике чаще всего они нужны для корректировки планов на будущее.

На предприятии внедрена методика «Модель совершенства EFQM» (European Foundation for Quality Management) – непредписывающая модель, включающая девять критериев, которая используется для оценки достижений организации на пути к совершенству. На рис. 2 представлена концепция модели [3].

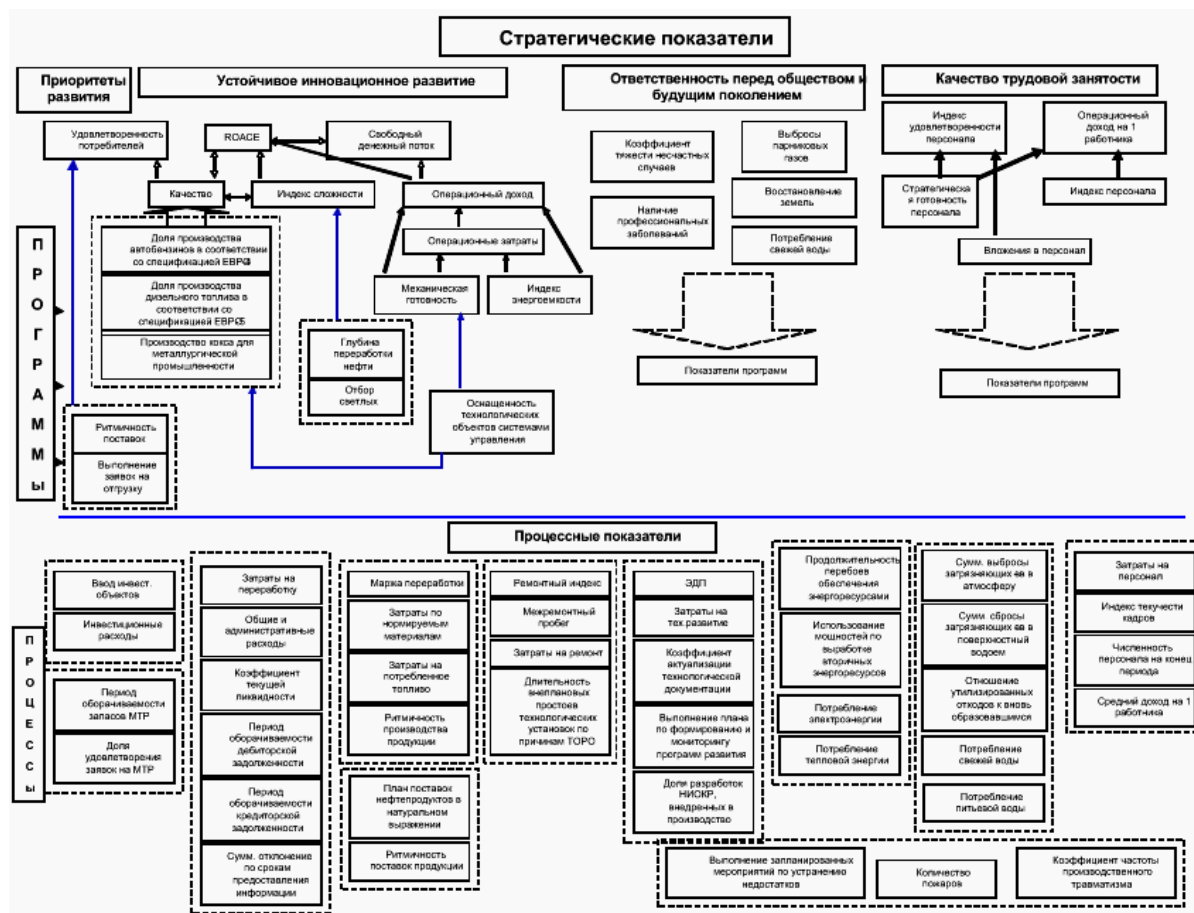


Рис. 1. Система ключевых показателей результативности

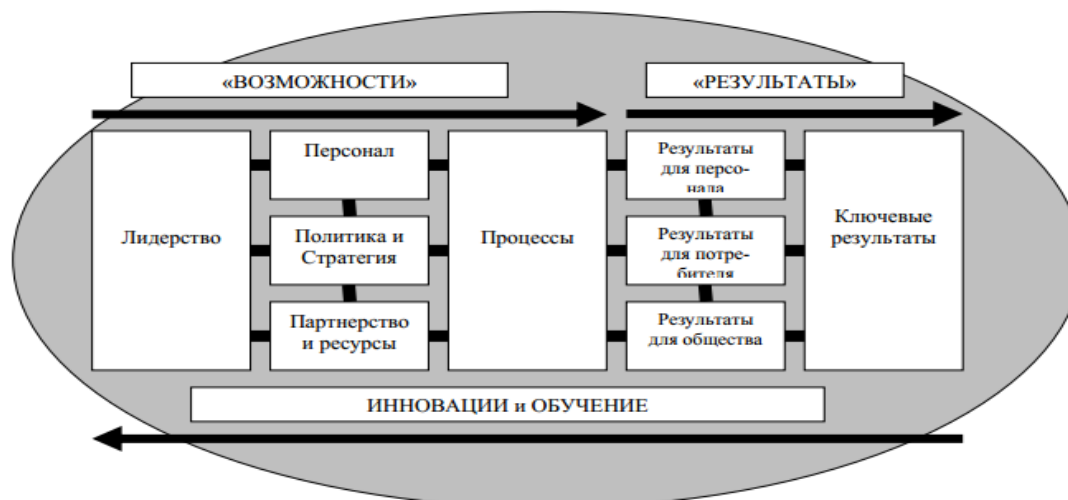


Рис. 2. Концепция «Модели совершенства EFQM»

По данной модели рассчитаны и представлены результаты деятельности предприятия за несколько лет по девяти критериям. Примеры отображения расчетов в виде графиков представлены на рис. 3 и 4.

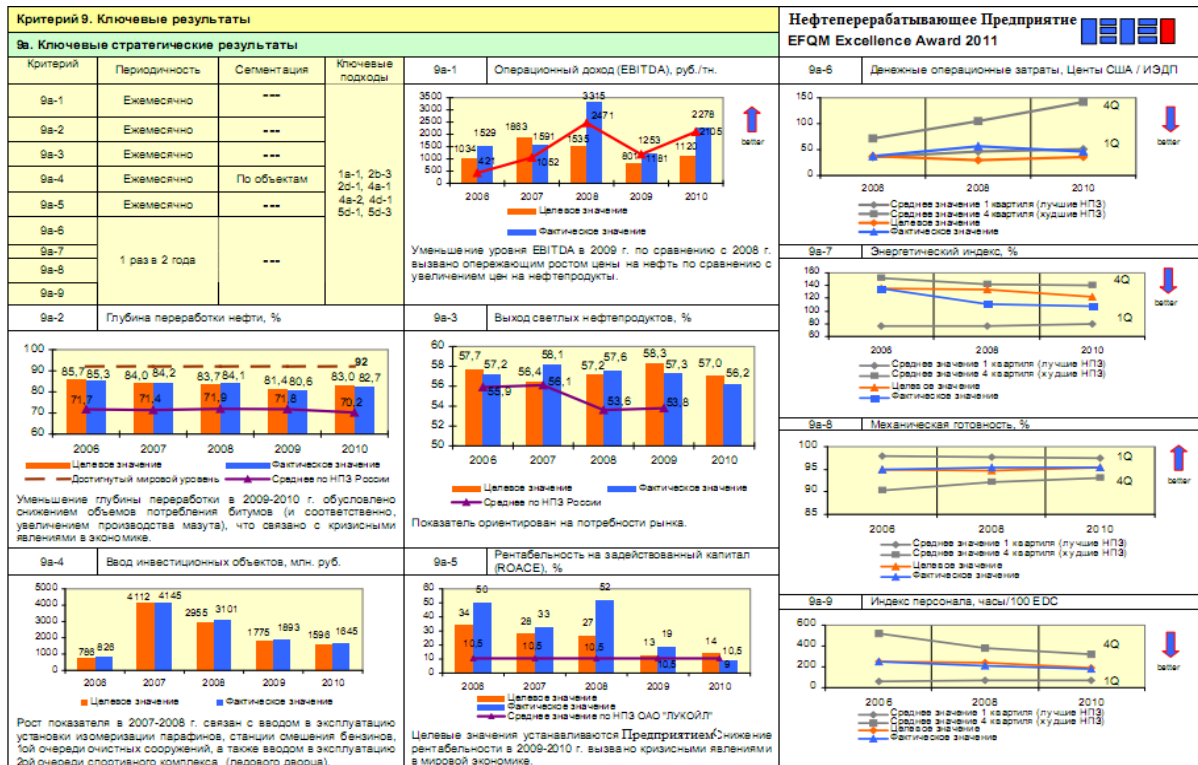


Рис. 3. Динамика достижения предприятием ключевых стратегических результатов

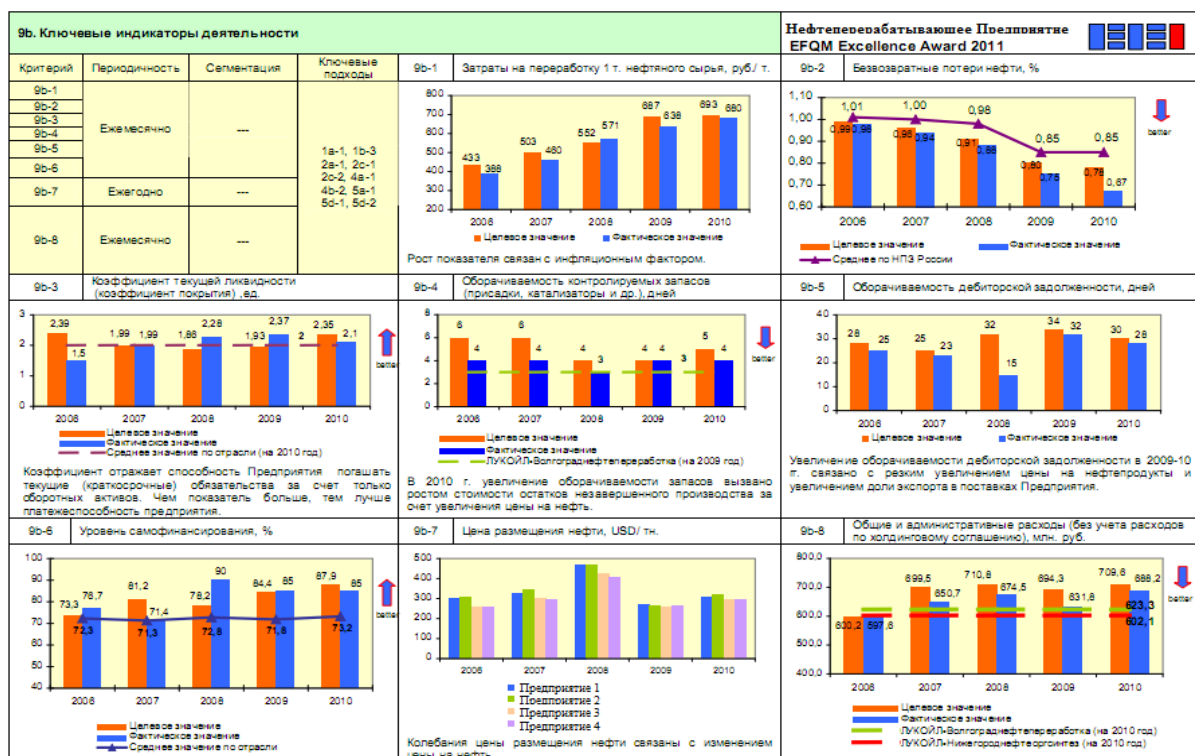


Рис. 4. Динамика достижения предприятием ключевых индикаторов деятельности

Применение данной методики позволяет определить перечень сильных сторон, перечень направлений для совершенствования, балльную оценку системы управления по критериям модели. Подобные методики направлены на определение достигнутых результатов в заданный момент времени, но они не показывают, каким путем добиться оптимального значения результата. Поэтому следующим шагом исследований стало выявление влияния локальных критериев на глобальные критерии, то есть каким образом показатели по отдельному производству связаны с показателями по предприятию.

Разработка комплексных критериев управления нефтеперерабатывающими производствами. Ответственность перед обществом и будущими поколениями и качество трудовой занятости являются следствием процессов, составляющих основную деятельность предприятия. Поэтому стратегическое развитие предприятия рассматриваем с точки зрения устойчивого инновационного развития.

Выбор номенклатуры показателей качества осуществляется из системы показателей качества, установленной действующими нормативно-техническими документами предприятия по оценке качества процессов.

Показатели – это один из инструментов управления, который позволяет реализовывать абстрактные стратегические цели [4].

В нормативных документах, как правило, приведены теоретические сведения, формулы и методики расчета по каждому показателю.

Основные шаги исследования по определению связей между стратегическими показателями и показателями системы нижнего уровня по установке и выявлению связующего показателя схематично представлены на рис. 5 и 6.

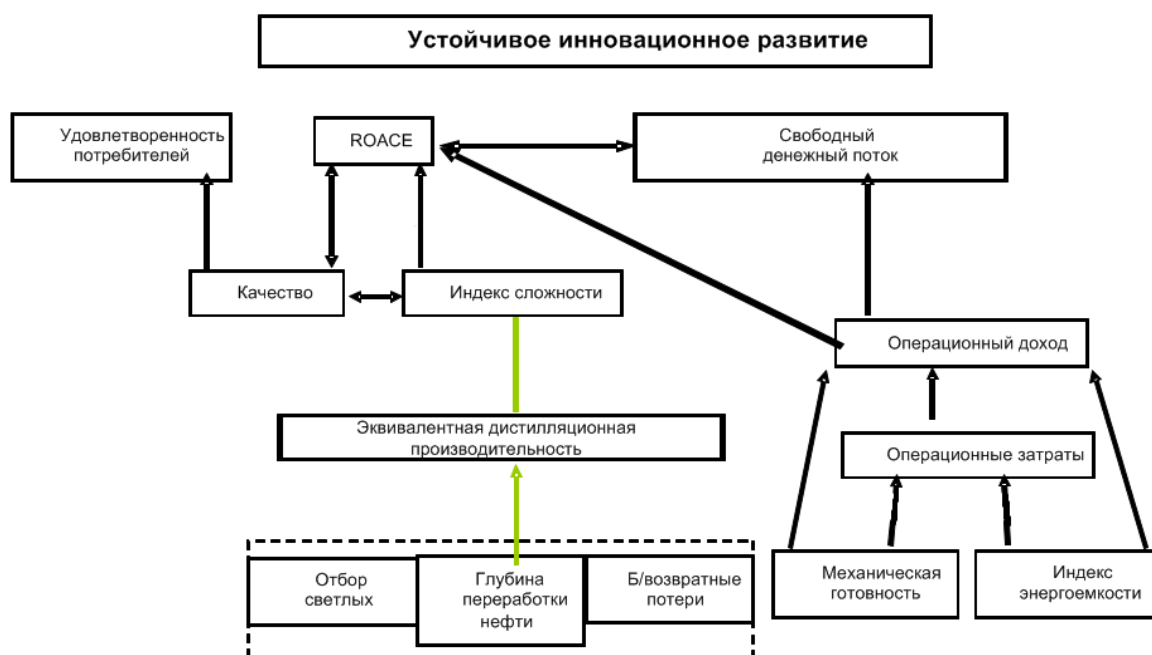


Рис. 5. Показатели устойчивого инновационного развития

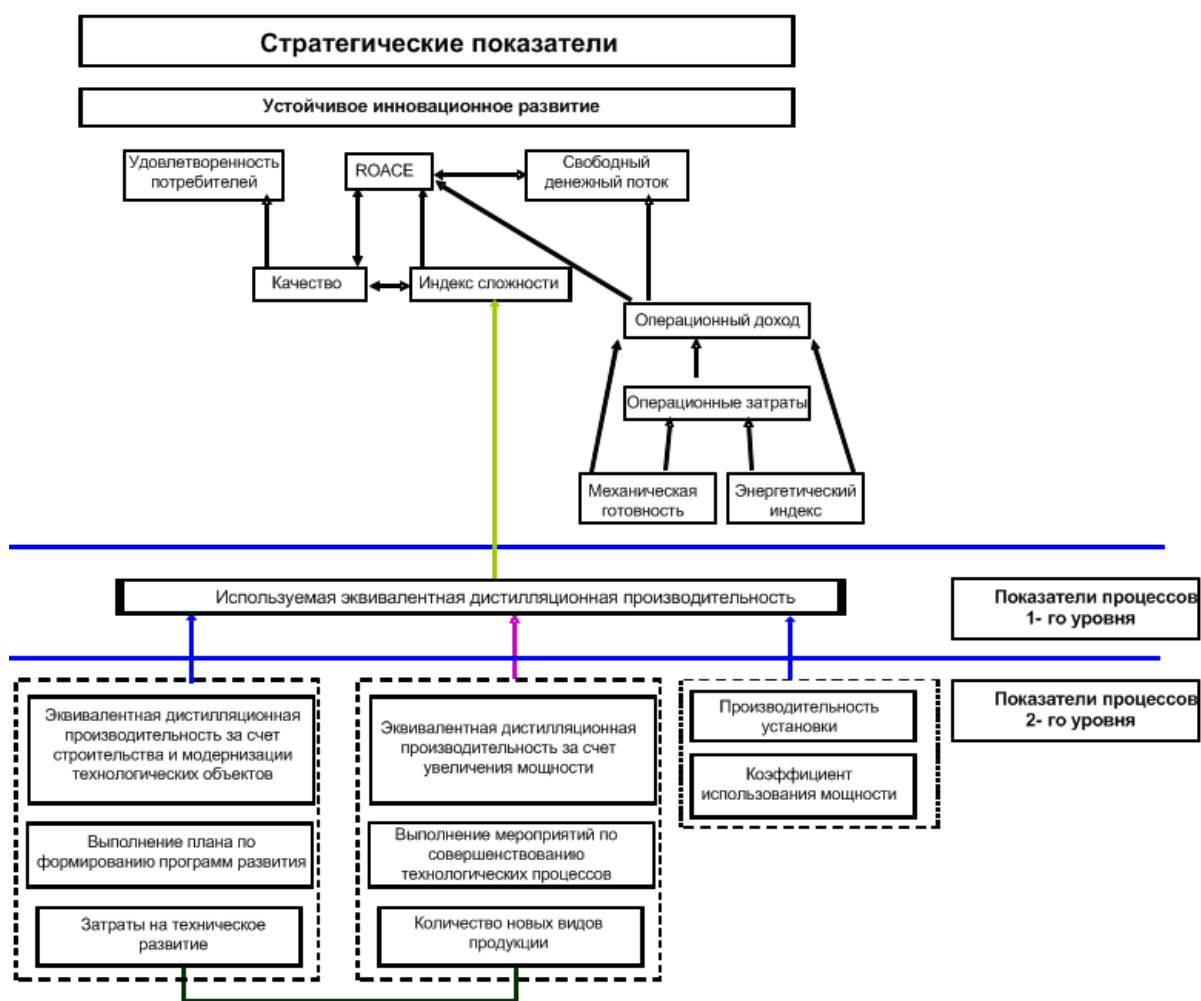


Рис. 6. Связь стратегических показателей и показателей процессов 1-го и 2-го уровня через показатель ИЭДП

На рис. 5 и 6 представлена совокупность показателей, связей между ними. Анализ связей позволил выявить, что в качестве связующего показателя как на стратегическом, так и оперативном уровне следует взять показатель эквивалентной дистилляционной производительности или индекс сложности Нельсона, который характеризуют сложность технологических процессов, применяемых на НПЗ: чем выше индекс, тем более сложной обработке подвергается сырая нефть и тем более сложные продукты нефтехимии (наряду с обычным бензином и дизельным топливом) способен производить завод.

Исследование нормативной документации [2, 5], составление на ее основе схем с иерархией показателей по каждому процессу и анализ полученных зависимостей позволили выявить также связь стратегических показателей с показателями процессов 1-го и 2-го уровня иерархии. К 1-му уровню иерархии относят показатели сети основных процессов предприятия, а 2-й уровень иерархии составляют показатели подпроцессов, выявленных при декомпозиции процессов для показателей 1-го уровня иерархии.

На рис. 6 в общей сети процессов приведен показатель ИЭДП. Для расчета ИЭДП необходимо рассматривать две составляющие, а именно показатели процесса «Управления производством» и процесса «Управления технологическим обеспечением и развитием», структура которых схематично представлена на рис. 7.



Рис. 7. Составляющие компоненты, необходимые для расчета ИЭДП

После того, как найдена зависимость показателей верхнего уровня от показателей нижнего уровня, формируется контур управления предприятием по каждому из процессов в виде следующей иерархии, представленной на рис. 6. Иерархическая система управления предприятием по результатам сравнения измеренных значений показателей (критериев) с их нормативными и плановыми значениями схематично представлена на рис. 8.



Рис. 8. Иерархия формирования управления на предприятии

При отклонении измеренных значений показателей на любом уровне иерархии от их нормативных или плановых значений система соответствующего уровня иерархии формирует комплекс управляющих мероприятий и реализует их на нижних и смежных уровнях иерархии в виде планов мероприятий или на нижнем уровне непосредственным воздействием на ход технологических процессов. Плановый отдел предприятия выдает по группам установок плановые задания, значения которых рассчитываются для каждой из технологических установок соответствующих производств. Данные о процессах оперативно отражаются в АС «Диспетчеризация».

На каждом уровне иерархии в процессе производства действуют различные факторы, которые приводят к отклонению параметров от нормативных значений. В результате этого возникают их отклонения от установленных значений на отчетный период. Для устранения рассогласования применяется предлагаемая система управления по значениям критериев. В результате образуется контур управления, представленный на рис. 9.



Рис. 9. Система управления технологическими установками по значениям ИЭДП

В темпе с технологическими процессами регистрируются фактические значения производительности и других показателей, которые передаются для расчета показателя ИЭДП. Затем производится сравнение нормативных и расчетных значений ИЭДП. Если существует отклонение, то формируется план (перечень) корректирующих мероприятий, позволяющих устранить рассогласование в значениях ИЭДП, при условии обеспечения данных мероприятий соответствующими, зачастую ограниченными ресурсами. Перечень формируемых мероприятий передается для реализации в нижестоящие системы управления (уровень технологической установки).

Библиографический список

1. Модель Совершенства EFQM. Дорога к Совершенству / Европейский фонд по управлению качеством. – М., 2003. – 23 с.
2. Черемушкин С. Магия финансовой метрики [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cfin.ru/finanalysis/value/finance_metrics.shtml
3. Методология сравнительного анализа технико-экономических показателей нефтеперерабатывающих заводов / Solomon Associates. – 2005. – 85 с.
4. Руководство по процессу «Управление производством» РП 01-2011. – М., 2011. – 25 с.
5. Руководство по процессу «Управление технологическим обеспечением и развитием» РП 08-2011. – М., 2011. – 51 с.
6. Белов А.Г. Автоматизированная система управления эффективностью бизнеса. – URL: <http://www.kpilib.ru/article.php?page=546>
7. Никифоров А.Д. Управление качеством. – М.: Дрофа, 2006. – 720 с.
8. Бердников В.В. Перспективы применения ключевых показателей эффективности в контроллинге на предприятиях АПК // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №2. – С. 1–6.
9. Иванов Д.Ю., Новиков Ф.А. Основы моделирования UML: учебное пособие. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2010. – 249 с.
10. Маслобоев А.В. Интегрированные системы управления: учебное пособие. – Апатиты: Изд-во ПетрГУ, 2009. – 157 с.
11. Грузинов В.П., Астафьева И.А. Эффективность управления промышленными предприятиями: Теоретический аспект // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 1 (72). – С. 44–49.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТУРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Студенты гр. ИСУП-13-2м Д.Н. Черемных, Е.В. Ташлыкова
Научный руководитель – старший преподаватель *Д.А. Даденков*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассмотрена структура автоматизированной системы управления технологическим процессом учебно-экспериментальной установки. Приведены и описаны алгоритмы управления технологическим процессом установки. Описаны локальные контуры регулирования технологических параметров.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажное производство; учебно-экспериментальная установка; алгоритм управления; локальные контуры регулирования.

DEFINITION OF LOCAL LOOP CONTROL PROCESS TRAINING EXPERIMENTAL SETUP PULP AND PAPER PRODUCTION

Students of group ISUP-13-2m D.N. Cheremnikh, E.V. Tashlykova
Scientific adviser – Assistant Professor *D.A. Dadenkov*
Perm National Research Polytechnic University

The structure of the automated process control system of training and experimental stand is considered at this article. Control algorithms of technological process are shown and described. Local control loops of process variables are described.

Keywords: Pulp and paper production; training and experimental stand; control algorithm; local control loops.

Целлюлозно-бумажная продукция, будь то бумага или картон, занимает важнейшее место в жизни человека. В своей профессиональной или повседневной деятельности, так или иначе, нам приходится иметь дело с изделиями, изготовленными из этих материалов.

В условиях постоянно растущих требований к качеству выпускаемой продукции становится актуальной задача обеспечения непрерывного протекания и взаимодействия большого количества технологических операций, образующих технологический процесс производства бумажного полотна. Для этого в первую очередь требуется точная настройка многочисленных контуров регулирования технологических параметров. Исходя из этого, возникает необходимость изучения и оптимизации системы управления данного технологического процесса. С учетом того, что проводить экспериментальные работы на действующем оборудовании не представляется возможным, на кафедре микропроцессорных средств автоматизации совместно с предприятием ООО «Пермский картон» разработана

экспериментально-учебная установка, являющаяся физической моделью технологического процесса подготовки бумажной массы [1], функциональная схема которой представлена на рис. 1.

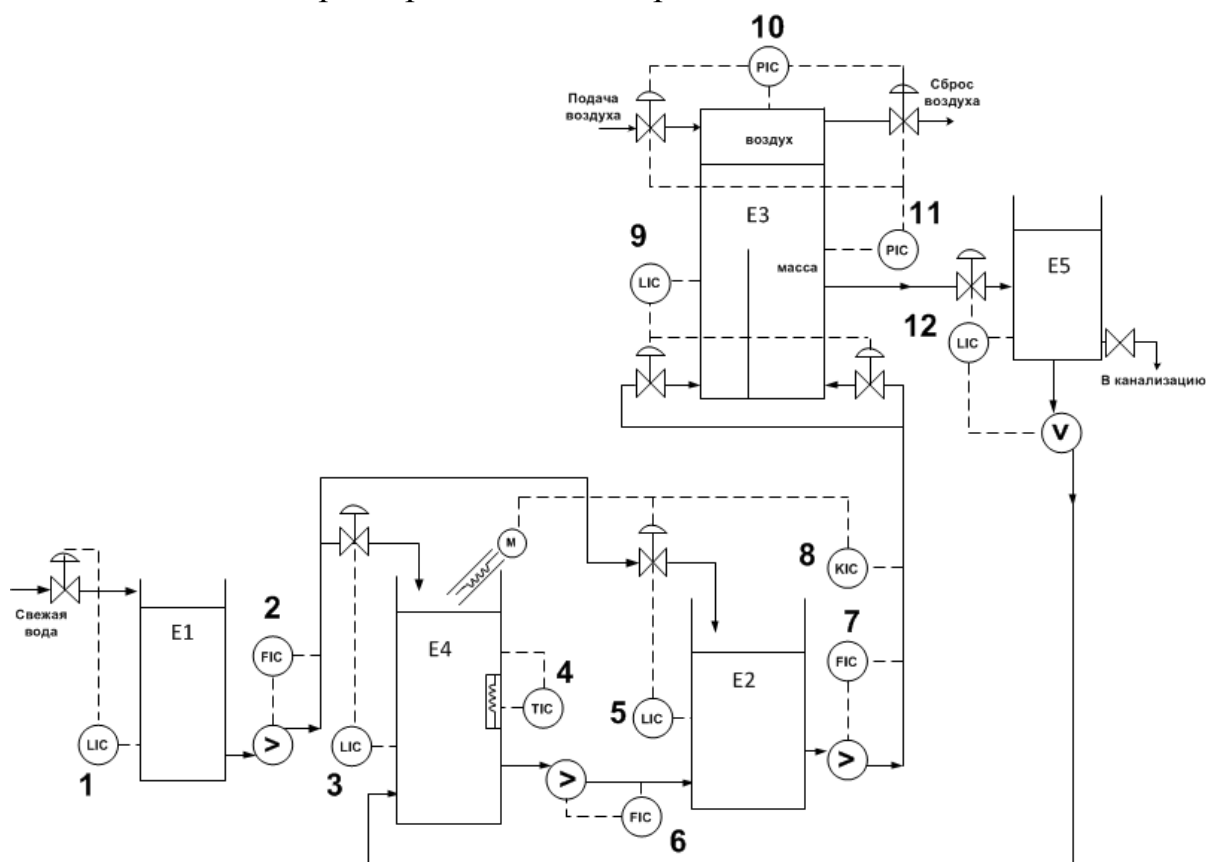


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки

Основной частью экспериментальной установки является автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП), имеющая иерархическую структуру, состоящую из трех уровней, обеспечивающих функции контроля и управления:

- нижний уровень – датчики и исполнительные механизмы, измеряющие различные технологические параметры и осуществляющие управление процессом (уровнемеры, отсечные клапаны, насосы, терморпара);
- средний уровень – системы контроля, которые обрабатывают поступающие сигналы с датчиков и выдают управляющие воздействия на исполнительные механизмы (контроллеры, теплоэнергоконтроллер);
- верхний уровень – SCADA-система, которая отображает процесс протекания технологического процесса.

Конструктивно учебно-экспериментальная установка (см. рис. 1) состоит из пяти емкостей E1–E5, соединенных системой трубопроводов, моделирующих основные технологические бассейны участка массоподготовки целлюлозно-бумажного производства и набора технических средств автоматизации.

Технические средства автоматизации нижнего уровня включают в себя следующие датчики и исполнительные механизмы: датчики избыточного давления АИР-10L-ДИ для измерения уровня, датчик дифференциального давления АИР-20/М2-ДД для измерения суммарного напора, измерители и преобразователи расхода ПРИМ, термопреобразователь ТСПУ-205, насосы *Calpeda NM 1/AE* с частотно-регулируемыми преобразователями *Mitsubishi FR-E700* и *ABB ACS50*, регулирующие клапаны *VUN* с электроприводом *AVM125S*.

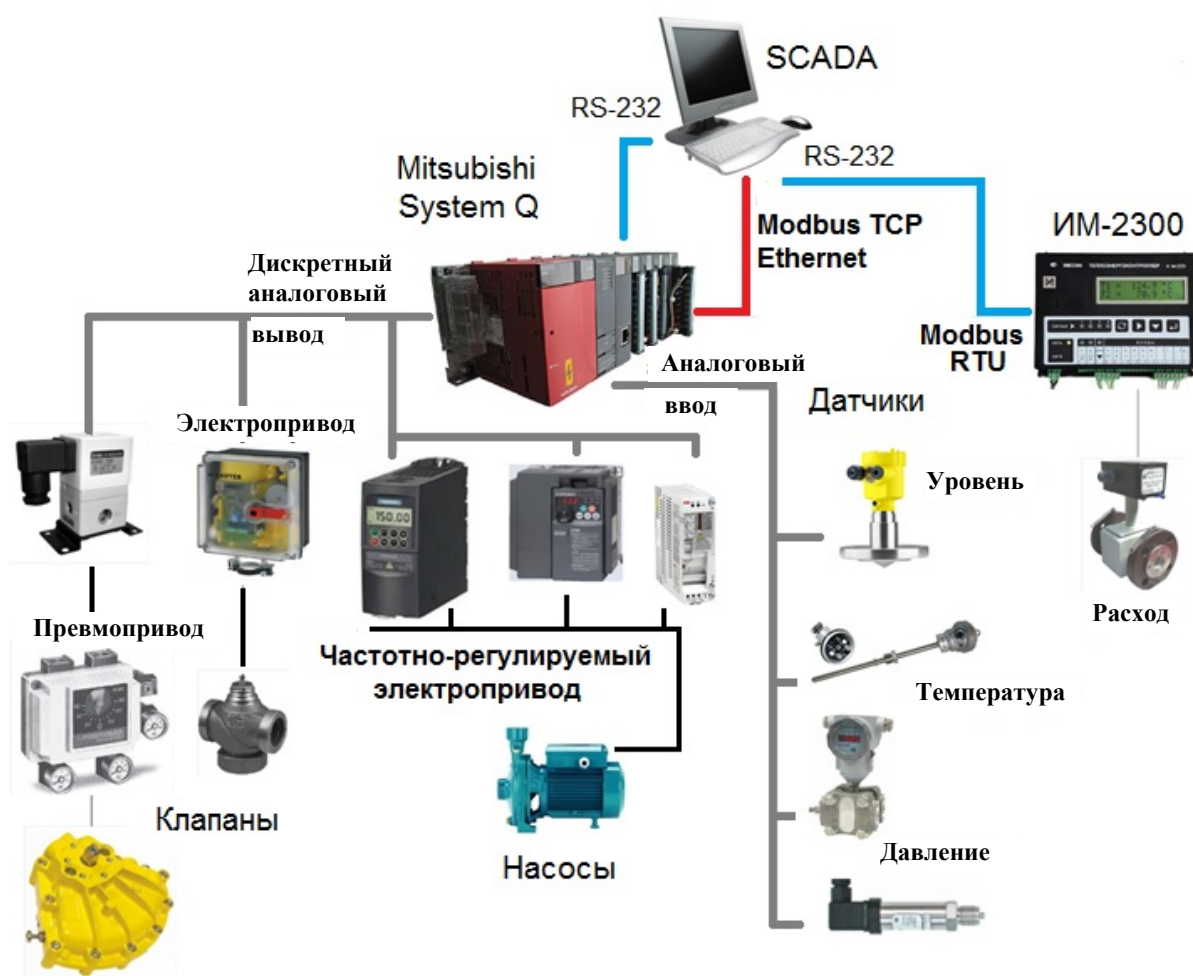


Рис. 2. Структурная схема АСУТП экспериментальной установки

Технические средства автоматизации среднего уровня представлены программируемым логическим контроллером *Mitsubishi Q-System* и теплоэнергоконтроллером ИМ-2300. Контроллер *Q-System* представляет собой мощный модульный ПЛК с мультипроцессорной технологией, который кроме модуля центрального процессора и блока питания оснащен модулями ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, а также рядом коммуникационных модулей (*Ethernet, Modbus, CC-Link*). Структурная схема АСУТП экспериментальной установки изображена на рис. 2.

Приведем краткое описание технологических режимов работы экспериментально-учебной установки. Подготовительная стадия – бассейн Е1 заполняется водой до заданного уровня, затем включается сетевой насос, который перекачивает воду из бассейна Е1, заполняя тем самым до заданного уровня бассейн Е4, после чего в емкости Е4 происходит нагрев воды до установленной температуры и дозированно подается реагент, что позволяет получить насыщенный раствор реагента, имитирующий бумажную массу. Рабочая стадия – при достижении определенного уровня в баке Е4 включаются сетевые насосы, которые подают в бак Е2 с заданным расходом свежую воду из емкости Е1 и насыщенный раствор реагента из емкости Е4, что позволяет получить в баке Е2 заданную концентрацию раствора реагента, которая контролируется на выходе бака Е2. Далее раствор поступает в напорный ящик Е3, где при помощи созданного давления воздушной подушки и при контроле уровня и давления получается стабильный поток на выходе напорного ящика. Специальная конструкция емкости Е3 с разделительной перегородкой, управление подачей массы с помощью регулирующих клапанов, а также управляемая воздушная подушка в совокупности позволяют моделировать различные режимы работы напорного ящика. Слив раствора из напорного ящика осуществляется в бак Е5, моделирующий бассейн подсеточной воды. Далее вода поступает обратно в емкость Е4, имитируя оборотную воду в технологическом процессе массоподготовки.

На основе технологических режимов, представленных выше, был составлен основной алгоритм управления экспериментальной установкой, включающий в себя ряд этапов (рис. 3) [2].

В соответствии с описанием технологических режимов работы установки и алгоритмами управления этими режимами (рис. 3) были выделены несколько локальных контуров регулирования технологического процесса (см. рис. 1). Контур регулирования уровня (1, 3, 5, 9, 12, см. рис. 1) в емкости обеспечивают поддержание уровня в технологических бассейнах в заданных пределах. Стабилизацию уровня можно осуществить автоматическим устройством, управляющим регулирующим органом, изменяющим расход воды на входе емкости. Таким образом, регулирование уровня осуществляем при помощи регулирующего клапана с электроприводом. Контур регулирования расхода (2, 6, 7, см. рис. 1) обеспечивают поддержание заданного расхода воды в трубопроводах, связывающих технологические емкости. Стабилизацию расхода осуществляем с помощью регулирования частоты вращения двигателей сетевых насосов.

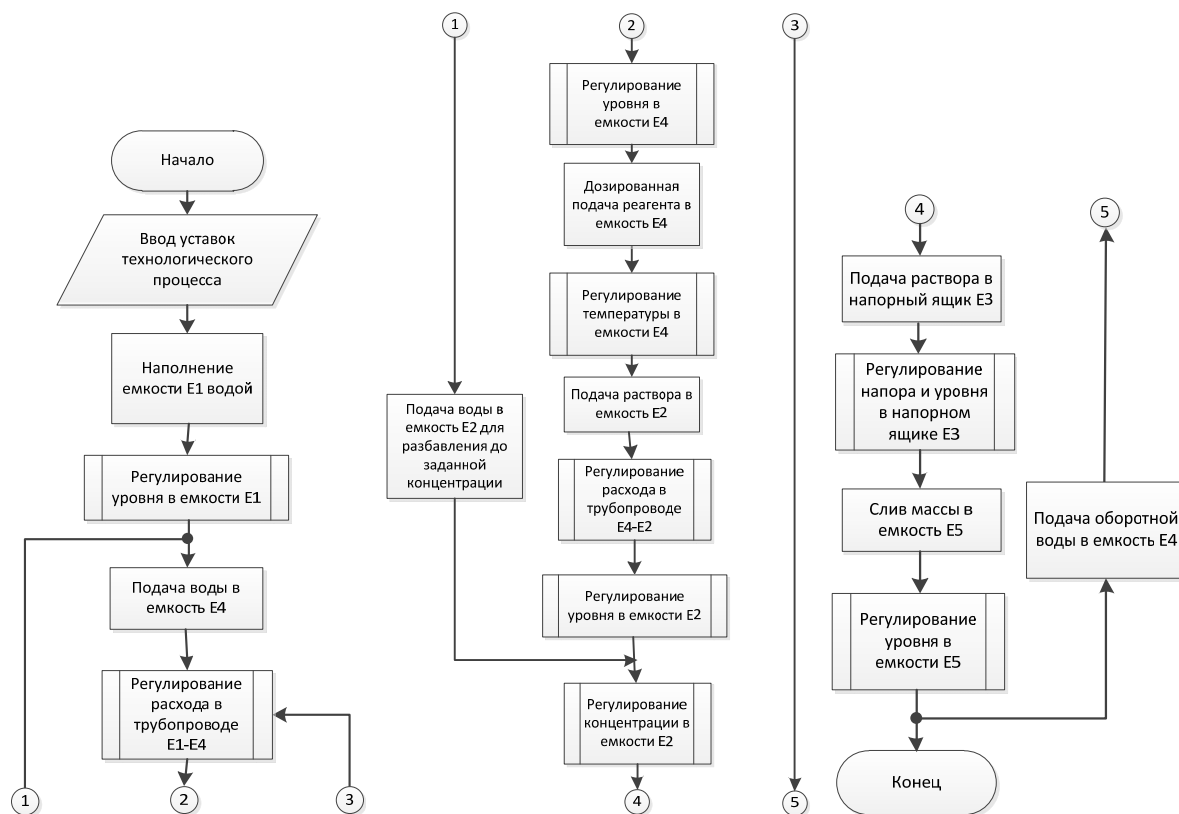


Рис. 3. Алгоритм управления экспериментальной установкой

Контур регулирования температуры (4, см. рис. 1) предназначен для поддержания температуры воды в емкости приготовления солевого раствора для имитации бумажной массы. Приготовление раствора выполняется при определенной температуре, а ее регулирование осуществляется путем увеличения или уменьшения мощности, подводимой к электронагревателю при помощи симисторного регулятора напряжения.

Контур регулирования концентрации (8, см. рис. 1) предназначен для получения стабильной концентрации раствора, имитирующего бумажную массу, на входе напорного ящика. Подготовка рабочего раствора с заданной концентрацией осуществляется с помощью изменения расхода свежей воды при постоянном значении исходного насыщенного реагента.

Контур регулирования давления воздуха (10, см. рис. 1) и регулирования суммарного напора (11, см. рис. 1) являются составными частями системы управления напорного ящика и позволяют моделировать и настраивать различные режимы работы экспериментальной установки.

Рассмотренные локальные контуры регулирования обеспечивают работу экспериментальной учебной установки и позволяют таким образом имитировать реальный технологический цикл подготовки бумажной массы.

Для реализации алгоритмов управления режимами работы установки и построения систем автоматического регулирования технологических

параметров на ПЛК была изучена методика автоматного программирования, которая позволила разработать программу управления с использованием автоматного подхода. Полученная программа получилась простой, удобной для чтения и понимания, а также позволила исключить возможные логические заикливания, которые могли возникать при реализации алгоритмов, используя традиционные приемы программирования [2, 3, 4].

Разработанная автоматизированная система управления учебно-экспериментальной установки позволяет имитировать технологический процесс подготовки бумажной массы и предоставляет возможность проводить эксперименты как для нахождения решений проблем, связанных с оптимизацией реального технологического процесса, так и для обучения студентов университета с целью подготовки инженерных кадров для целлюлозно-бумажного производства. В рамках лабораторных и практических работ по различным дисциплинам студенты смогут повысить свои профессиональные навыки и компетенции, а также получат опыт работы с реальным оборудованием и различным программным обеспечением.

Библиографический список

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

2. Даденков Д.А., Черемных Д.Н., Каверин А.А. Разработка и реализация алгоритма управления технологическим процессом экспериментальной установки имитации контуров регулирования целлюлозно-бумажного производства // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: материалы науч.-техн. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2012.

3. Шалыто А.А. SWITCH-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. – СПб.: Наука, 1998.

4. Черемных Д.Н., Каверин А.А. Разработка системы управления технологическим процессом учебно-экспериментальной установки целлюлозно-бумажного производства // Сборник материалов I региональной отраслевой научно-практической конференции. – Пермь, 2013.

ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЭА НА ЭТАПЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Студент гр. КРЭС-09 С.С. Шмелев

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

Изложен положительный организационный опыт обеспечения надежности на этапе изготовления аппаратуры систем передачи информации в условиях серийного производства.

Ключевые слова: лаборатория анализа отказов (ЛАО), отказ конструкторский, производственно-технологический, неустановленный, отказ электрорадиоэлемента (ЭРЭ), самоустраняющийся.

THE EXPERIENCE OF RELIABILITY OF RADIOELECTRONIC EQUIPMENT ON THE STAGE OF MANUFACTURE

Student gr. KRES-09 S.S. Shmelev

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *V.N. Oskolkov*
Perm National Research Polytechnic University

Set out a positive organizational experience reliability step fabrication of equipment communication systems in serial production.

Keywords: failure analysis laboratory (LAO), refusal Design, production and technology, unspecified, failure electroradioelements (ERE) samoust-injuring.

Надежность радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) как одно из основных свойств закладывается в основном на этапе проектирования разработчиком. Но реализация потенциальных показателей надежности зависит от этапа изготовления. По одной и той же конструкторской документации разные изготовители добиваются разных результатов показателей надежности аппаратуры.

Крупным представителем РЭА являются системы передачи информации (СПИ) с частотным разделением каналов (ЧРК, аналоговые) и временным разделением каналов (ВРК, цифровые), широко применяемые в сетях проводной связи страны [1].

Особенно широкую номенклатуру выпускаемых изделий имеют системы передачи с ЧРК. Они разделяются по числу каналов (12, 24, 60 и т.д.) и назначению использования: оконечные (устанавливаются на концах магистралей и в пунктах переприема), промежуточные (кроме восстановления сигнала и выравнивания АЧХ обеспечивают организацию питания необслуживаемых усилительных пунктов, НУПов, в обе стороны магистрали), выделения (при необходимости выделения части каналов из магистрали) и сопряжения (радиовставки в магистраль для преодоления географических особенностей местности).

Системы с ЧРК имеют большой объем настроечно-регулирующих и контрольно-испытательных (РНКИ) операций, так как аппаратура должна отвечать большому числу требований, предъявляемых к ней. Например, протокол приемо-сдаточных испытаний 60-канальной оконечной аппаратуры содержит 300 страниц, ее настройка и регулировка по нормативам составляет пять дней: бригада из двух человек каждый день по две смены. Также особенностью данной аппаратуры являются повышенные точностные требования к отдельным узлам, так как погрешность на параметры всей магистрали раскладывается на отдельные узлы. Поэтому при серийном производстве систем с ЧРК широко применяются почти лабораторные методы измерения, так называемые схемы сравнения, когда различные виды затуханий сигналов сравниваются с затуханием магазинов затуханий [2]. Например ИРЗУ-300 – измеритель рабочих затуханий универсальный до 300 кГц имеет точность 0,1 дБ (0,01 Нп). Но для измерения рабочего затухания нужно сначала убедиться в том, что соответствует норме коэффициент отражения входного сопротивления или, что то же самое, затухание несогласованности. Оба параметра однозначно пересчитываются друг в друга.

Особенные трудности при серийном производстве указанной РЭА, это порядка сотен изделий средней сложности в год, вызывает сдача продукции спецтехники, которая оформляется по жестким нормативным документам. Особой проблемой были так называемые самоустраняющиеся отказы, анализ которых проводился при особом контроле, при наличии согласующих подписей с трех сторон: производства, отдела технического контроля (ОТК) и заказчика. Одним из принципов приемки данной аппаратуры является следующее: «аппаратура с самоустраняющимися отказами поставке не подлежит».

Для решения данных задач был предложен нестандартный организационный принцип: в сборочных цехах были созданы так называемые лаборатории анализа отказов (ЛАО) [3]. В современном понимании это группы быстрого реагирования. ЛАО административно подчинялись начальнику цеха (режим работы), а функционально – заместителю главного инженера по производству, которому по штату подчиняются также главный конструктор, главный технолог, главный метролог и т.д. Штат ЛАО состоял из трех, четырех конструкторов высокой квалификации. Конкретная численность определялась сложностью цеха и выпускаемой аппаратуры.

В основные задачи ЛАО входило:

1. Присутствие при возможном возврате аппаратуры для проверки условий возврата (исправность средств измерения, правильность измерений,

учет конструкторских и технологических коррекций и т.д.) и в конечном счете вынесение решения о справедливости возврата.

2. Составление так называемой карточки учета неисправности (КУН), или, иначе, индивидуального протокола возврата, где отражались:

- а) идентификационный номер изделия;
- б) дата и время возврата;
- в) этап возврата: термопрогон, приемо-сдаточные испытания (ПСИ) проводимые ОТК, или ПСИ, проводимые заказчиком;
- г) пункт несоответствия ТУ;
- д) установленная причина отказа: конструкторский, технологический, производственный, отказ ЭРЭ, неустановленный и т.д., на особо сложные отказы по заводскому стандарту давалось до 5 дней;
- е) принятые меры по отказу (технические коррекции, наказание виновных исполнителей, отправка отказавших ЭРЭ изготовителю, программа выявления самоустраняющегося отказа и т.д.);

ж) способ восстановления изделия: регулировка, замена электрорадиоэлемента (ЭРЭ) с последующим термопрогоном и т.д.

3. Составление месячного отчета по возвратам для сведения заместителя главного инженера по производству, который после ознакомления отправлял его по назначению для принятых мер, как правило, главному конструктору.

4. Учет нерешенных проблем. При трехкратном появлении одного и того же отказа в месячных отчетах начальник ЛАО имел право поставить вопрос для решения на техническом совете предприятия, возглавляемом главным инженером, и имеющим в составе всех главных специалистов и других заинтересованных лиц.

В КУНе за анализ расписывались представитель ЛАО, представитель ОТК, представитель заказчика и часто представитель подразделения, которое признано виновником отказа аппаратуры, как правило, ведущий конструктор, сопровождающий изделие. КУН прикладывался к нормативному акту возврата аппаратуры и отдавался обратно в ЛАО после отгрузки аппаратуры для ведения общей статистики.

Статистика отказов примерно следующая. Конструкторские отказы – 70 %, отказы покупных – 20 %, производственно-технологические – 9 %, неустановленные – менее 1 % (примерно 2 раза в год).

Примером конструкторского отказа может служить замена типа стабилитрона, широко используемого в аппаратуре, на другой тип из-за смены технологии на заводе-изготовителе стабилитронов. После изменения технологии они стали выходить на режим стабилизации с некоторым опозданием, что было неприемлемо для нашей аппаратуры.

Примером производственно-технологического отказа служит установка экрана на рабочем месте, где с помощью бокорезов откусывались концы монтажных проводников по месту и остатки разлетались по соседним рабочим местам.

Мерами воздействия к исполнителю были: депремирование, применение дисциплинарного наказания, переаттестация, лишение талона качества. Ежегодно с исполнителями проводилась учеба, что способствовало повышению их квалификации.

Самым эффективным испытанием для выявления самоустраняющихся отказов признано термоциклирование (термоудар): три цикла, содержащих в каждом цикле по три часа разных температур: три часа воздействия температуры плюс 50 град. и три часа температуры минус 50 град. Цельсия. Изделие в течение трех минут переносилось из одной камеры в другую, которые заранее выводились на заданный режим. Выявлялось примерно 50 % отказов. Аппаратура с неустановленным отказом формально списывалась в утиль, а на практике отдавалась в ОГК в качестве образцов для исследования. Идентификационный номер отслеживался ОТК для того, чтобы эта аппаратура не попала в товарную продукцию.

Примером решения вопроса на техническом совете предприятия является отказ от введения ужесточенного режима при изготовлении магнитострикционных фильтров. В конструкторской документации для фильтров была установлена предельная температура для всей аппаратуры, и конструктором не был учтен перегрев внутри аппаратуры из-за работы источников питания и плохой вентиляции. Перегрев составлял примерно от 6 до 11 град. Цельсия в зависимости от места расположения фильтра в аппаратуре. Введение увеличенной температуры испытания фильтров при изготовлении приводило к браку до половины фильтров. Поэтому решено было менять фильтры, не прошедшие термопрогон, или проводить их селекцию на этом этапе. Заседание по этому вопросу проводилось два раза.

Таким образом, была создана трехуровневая система доработки аппаратуры на этапе изготовления: первый уровень – составление КУНа на каждый случай отказа аппаратуры на термопрогоне и приемо-сдаточных испытаниях, второй уровень – месячный статистический отчет с нерешенными проблемами и рекомендациями по их устранению и, наконец, третий уровень – когда конструктор самостоятельно не мог решить вопрос или брал слишком большой срок для решения вопроса, его решение выносилось на постоянно действующую комиссию по качеству (ПДКК) предприятия при участии представителя заказчика.

Также результаты работы ЛАО докладывались на годовых конференциях по качеству предприятия. Актуальные вопросы ставились на контроль АСКИ – автоматизированная система контроля исполнительности.

В результате чего были достигнуты следующие результаты. Если в первые месяцы работы ЛАО число возвратов доходило до 62, то через два года их стало в пять раз меньше, то есть почти на порядок при одном и том же объеме производства. Впоследствии неоднократно от заказчиков и потребителей приходилось слышать хвалебные отзывы о надежности этой аппаратуры.

Библиографический список

1. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи: учебник для вузов связи. – М.: Связь, 1980. – 440 с.

2. Измерения в технике связи: учебник для вузов / Ф.В. Кушнир [и др.]; 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Связь, 1976. – 432 с.

3. Осколков В.Н., Бабушкина Л.Г. О практике применения моделей обеспечения качества при производстве радиоэлектронной аппаратуры // Вестник ПГТУ: Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2007. – № 9(1). – С. 49–53.

3D-ПРИНТЕР С МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ГОЛОВКАМИ

Студенты гр. ЭМ-09 Д.А. Опарин, Ю.А. Горцунов
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент В.А. Трефилов
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

В условиях динамично развивающихся современных технологий для быстрого создания прототипов устройств различного назначения предлагается использовать 3D-принтер на базе *Mendel-90* с многофункциональными рабочими головками.

Ключевые слова: 3D-принтер на базе *Mendel-90*, экструдер, многофункциональные рабочие головки.

3D-PRINTER WITH MULTIFUNCTIONAL OPERATING HEADS

Students гр. EM-09 D.A. Oparin, Yu.A. Gortsunov
Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor V.A. Trefilov
Perm National Research Polytechnic University

In the conditions of dynamically developing modern technologies for rapid prototyping devices of different function it is proposed to use 3D-printer based on *mendel-90* with multifunctional operating heads.

Keywords: 3D-printer based on *Mendel-90*, extruder, multifunctional operating heads.

На сегодняшний день развитие техники, технологий и строительства происходит очень динамично, требуя быстрых решений. Для того чтобы люди понимали проекты, требуется либо быстрое создание прототипов устройств, либо создание макетов. Сегодня технология позволяет автоматизировать процесс производства любых объектов, однако первые макеты и прототипы создаются вручную при личном участии человека. Это весьма замедляет развитие проектов и скорость их выхода на рынок.

Для решения данной проблемы существуют метод трехмерной печати и прибор, названный трехмерным принтером (или 3D-принтером), позволяющие создавать макеты и прототипы с чертежей. Основным преимуществом трехмерного принтера является непосредственная печать трехмерного объекта с чертежа или трехмерной модели, осуществляемая с минимальным участием человека. Для печати объекта чертеж переводят в формат stl (стереолитография) и запускают программу преобразования чертежа в команды (g-коды), подаваемые на принтер. Принтер послойно печатает объект, который после создания можно снять с посадочной площадки. На данный момент принтеры делятся по спектру используемых материалов и методам работы с материалами. К сожалению, каждый отдельный принтер может работать только с одним или несколькими похожими материалами, а разные материалы на одном принтере в процессе создания не могут быть использованы.

Главным достоинством применения принтеров перед обычными способами создания макетов является высокая скорость работы, так как для создания модели вручную может понадобиться в зависимости от сложности изделия несколько недель или даже месяцев. В результате значительно повышаются затраты на разработку, увеличиваются сроки выпуска готовой продукции. Данный недостаток практически полностью отсутствует при использовании современной технологии быстрого прототипирования [1].

Все принтеры создают объекты послойно, но каждый использует разные методы соединения материалов. Например, принтеры, печатающие пластиком, используют для создания модели их расплавы, выдавливая пластик через экструдер – специальный нагревательный элемент с малым соплом на конце. Чем меньше сопло, тем выше точность модели и тем тоньше могут быть созданные объекты.

Принтеры, использующие в качестве печати порошки наподобие гипса, используют метод склейки слоев порошка при постоянном опускании рабочей площадки. Склейка может производиться разными методами и материалами, при этом сыпучее вещество может быть различным. Основным недостатком подобных принтеров – модели не обладают достаточной прочностью для их практического использования в качестве чего либо, кроме показа и сувениров.

Третий вид принтеров является частичным подвидом порошковых принтеров с тем отличием, что вместо порошка используется светочувствительный полимер, затвердевающий при облучении, и лазер, спекающий этот полимер послойно. Этим методом получают наиболее точные макеты и объекты, но дороговизна полимеров и сложность конструкции далеко не по карману даже крупным организациям. Причем объекты из полимера получаются в виде твердой резины, что опять же приводит к невозможности практического использования этого объекта в производстве [2].

Для того чтобы расширить спектр материалов для отдельно взятого трехмерного принтера, мы предлагаем сделать принтер с возможностью смены рабочих головок и соответственно способов обработки материалов. Такой принтер обладает плюсами не только трехмерного принтера, но и станков с числовым программным управлением.

У подобного принтера основным минусом будет его стоимость, ведь даже принтер, работающий с одним материалом, может стоить около ста тысяч рублей. Для удешевления стоимости принтера мы предлагаем за основу взять технологию *RepRap*, при которой принтер имеет возможность создавать большую часть деталей для себя. С учетом того, что принтер

будет работать с большим спектром материалов, можно будет создавать принтеры, дополняя их только теми стандартными деталями, которые на принтере не могут быть напечатаны, такими как микросхемы, шаговые двигатели, термоэлементы и прочее.

В качестве базы для разработки мы предлагаем использовать принтер *Mendel-90*, печатающий пластиком, и расширить спектр материалов добавлением дополнительных головок, таких как фрезеровальный аппарат с наборами фрез и сверл, лазер для спекания термостойких пластиков и некоторых видов металла, а в дальнейшем спекания фотоактивных полимеров.

Многофункциональные принтеры будут обладать всеми необходимыми устройствами для обработки широкого спектра материалов и создания рабочих прототипов техники и точных макетов зданий. Возможно применение принтеров для создания бытовых вещей, например, кружки, подставки, кухонные принадлежности и многое другое. От спектра материалов и количества головок будет зависеть разнообразие предметов, которые можно создавать принтером.

Мультифункциональный трехмерный принтер обладает уникальным свойством – основная база принтера и его электроника практически не изменяются. Изменениям подвергаются только программное обеспечение и сменные головки принтера. В качестве базы для трехмерного принтера предлагается использовать базу принтера *Mendel-90* с доработками. Основные отличия базы – измененное движение по оси *Z*. Вместо использования двух двигателей будет использован один, установленный сверху и спускающий рабочую головку. В результате для смены головок получаем возможность опускать ее ниже рабочей поверхности. Стандартным сложением состоянием для принтера будет не поднятый экструдер, а опущенный. Это позволит принтеру в нерабочем состоянии занимать минимум места. Имеется возможность разработать серийную модель переносного принтера.

Начальной головкой принтера будет стандартный экструдер пластика ABS и PLA, снабженный терморезистором для нагрева пластика и соплом для выпуска. Размер начального отверстия экструдера 0,5 мм, что позволит обеспечить достаточную точность проработки мелких деталей. Отсутствие вибраций, которые присущи многим принтерам, будет обеспечено укреплением базы, а также закрытием принтера кожухом, который дополнительно обеспечит равномерное остывание, необходимое для пластика ABS.

Вторичной головкой будет двигатель вращения со сменными сверлами, подобный бормашине стоматологов. Мощности этого двигателя будет достаточно для шлифовки и конечной обработки пластика. Для увеличения точности головка сделана с возможностью изменения угла отклонения.

Следующей головкой будет маломощный лазер, сфокусированный через призму. Мощность лазера подобрана так, чтобы выжигать на дереве и плавить пластмассу.

Дальнейшее развитие прототипов принтеров будет проходить в направлении увеличения прочности конструкции и мощности работающих головок. При достаточной мощности лазеров можно будет пилить дерево, спекать низкоплавкие порошки металлов, песок. При достаточной мощности двигателя сверл можно обрабатывать дерево и металл. Для получения объектов из сыпучих материалов или жидких полимеров рабочую камеру принтера можно переработать.

Что касается электроники, то она не меняется на протяжении всех этапов конструирования. Программное же обеспечение с появлением каждого модуля будет усложняться. Разработанные база *Mendel-90*, электронные схемы управления на платформе *Arduino* и программное обеспечение *Netfabb* используются по свободной лицензии GPL.

Данный проект был представлен на молодежном конкурсе инновационных проектов «Большая Разведка – 2013» в Перми при поддержке бизнес-инкубатора г. Перми. Все права интеллектуальной собственности принадлежат Д.А. Опарину. Разработка бизнес-плана по использованию multifunctional принтеров и их рабочих мощностей выполнена Ю.А. Горцуновым

Библиографический список

1. Характеристики 3D-принтеров. – URL: <http://www.media-build.ru/news/289>
2. Что такое 3D-печать. – URL: <http://www.3dprintspb.com>

УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ БЕЗ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ

Студенты гр. ЭМ-12м, ЭМ-08 А.М. Мирзин, С.А. Бэетрэу
Научные руководители: канд. техн. наук, доцент А.Т. Ключников,
канд. техн. наук, доцент А.Д. Коротаев
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Приведены математические выражения и алгоритм расчета на основе информации о напряжении и токе вентильного двигателя. Алгоритм позволяет определить расчетным путем угол нагрузки, момент и другие величины вентильного двигателя, а следовательно, управлять процессами пуска и работы двигателя.

Ключевые слова: вентильный двигатель, бездатчиковое управление, учет сопротивления обмотки, угол нагрузки.

CONTROL OF THE PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR WITHOUT POSITION SENSOR

Students гр. EM-12m, EM-08 A.M. Mirzin, S.A. Beetreu
Scientific advisers – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor A.T. Kluchnikov, Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor A.D. Korotaev
Perm National Research Polytechnic University

There are given the mathematical expressions and calculation algorithm based on the information the PMSM voltage and current. The algorithm allows to determine the torque angle, torque and other quantities of the PMSM by calculation, and therefore control the motor starting sequence and working process.

Keywords: Permanent Magnet Synchronous Motor, sensorless control, armature resistance metering, torque angle.

Возможности вентильных двигателей (ВД) известны уже десятки лет назад. Начало исследованиям в России заложили Д.А. Завалишин, О.Г. Вегнер, В.Н. Тихменев и др. [1]. Однако большого распространения тогда ВД не нашли. Возрастающий интерес к ВД обусловлен их современными техническими характеристиками: малые габариты двигателя в сравнении с обычной синхронной машиной; более высокий КПД двигателя, но при этом практически все умалчивают о потерях в полупроводниковых преобразователях – силовых ключах двух преобразователей.

Несмотря на известность основ теории ВД, в том числе регулирование скорости, момент двигателя, в настоящее время предлагаются новые решения для управления процессами в системе «преобразователь частоты – двигатель с постоянными магнитами». Это обусловлено наличием датчика положения ротора в схеме управления, который не всегда возможно

установить на двигателе. Поэтому закономерно появление бездатчиковой системы управления, когда после обработки информации о напряжении и токах ВД появляется возможность определения расчетным путем угла нагрузки θ , электромагнитного момента, скорости, а следовательно, управлять процессами в ВД. Практически на основе микропроцессорных систем появилась возможность формировать любые механические характеристики вентильного двигателя.

Исследование процессов управления ВД в данном случае проводится на основе математической модели при допущении синусоидального тока в обмотках, т.е. с учетом мгновенных и действующих значений напряжения и тока преобразователя. Практически в схеме управления вентильным двигателем (ВД) особый интерес заключается в определении угла нагрузки при низких скоростях вращения, следовательно, при малых частотах питающего напряжения порядка $0,1 \dots 5$ Гц.

На рис. 1 приведена функциональная схема векторного управления ВД без датчика положения.

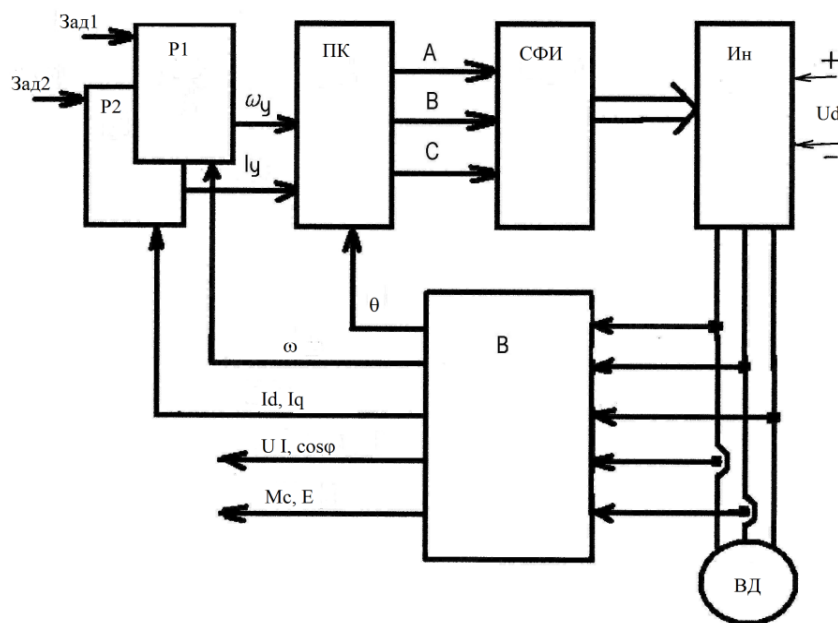


Рис. 1. Функциональная схема векторного управления ВД без датчика положения

Типовая структура схемы [2] состоит из следующих элементов: P1, P2 – регуляторы скорости и тока двигателя, ПК – преобразователь координат d, q в трехфазную систему, СФИ – система формирования импульсов уравнения силовыми ключами, Ин – инвертор с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), В – вычислитель (наблюдатель) угла нагрузки, скорости, токов, потокосцеплений, ЭДС ротора и момента сопротивления на валу. В качестве вычислителя могут быть использованы наблюдатель состояния,

специализированный фильтр, адаптивная система и возможны другие варианты. Иногда вычислитель определяет параметры ВД – сопротивления схемы замещения, момент инерции.

В данной работе рассмотрены возможности вычислителя в системе бездатчикового управления ВД на основе [3] векторной диаграммы синхронного двигателя, представленной на рис. 2.

При виртуальном построении векторной диаграммы для текущего момента времени вычислитель использует известные выражения связи обобщенного вектора напряжения с проекциями его на оси α , β .

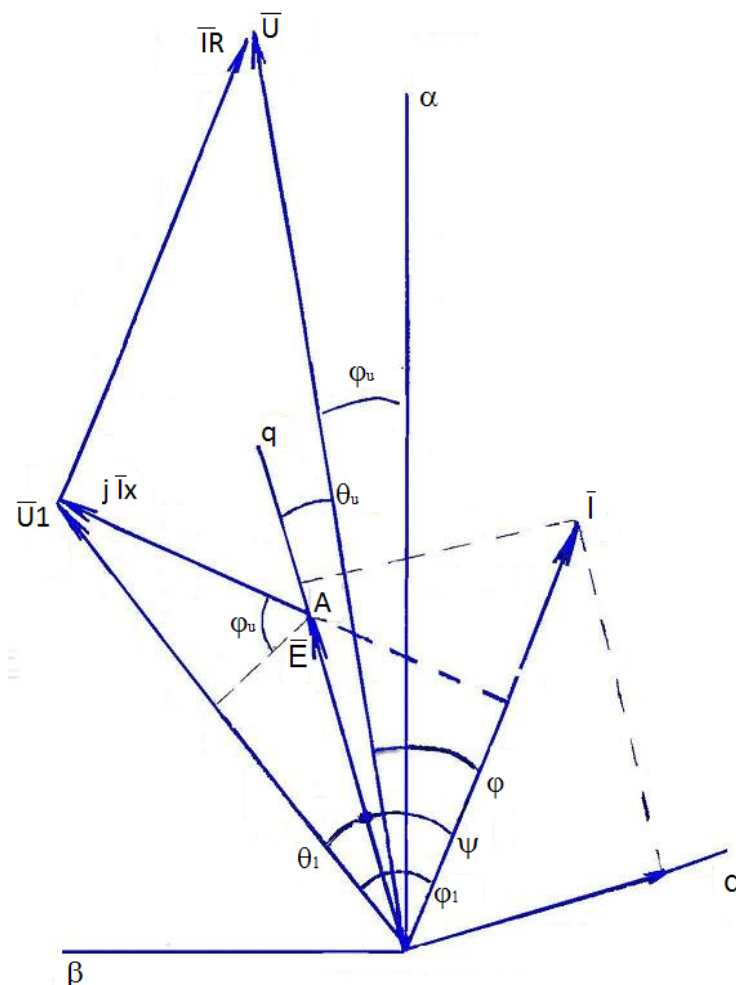


Рис. 2. Векторная диаграмма синхронного двигателя

Мгновенные значения фазных напряжений U_A , U_B , U_C измеряются датчиками и дают возможность рассчитывать проекции вектора U на оси α , β следующими выражениями:

$$u_\alpha = \frac{2}{3} \cdot (u_A - 0,5 \cdot (u_B + u_C)), \quad (1)$$

$$u_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (u_B - u_C). \quad (2)$$

Непрерывно изменяющаяся фаза вектора U для любого момента времени определяется уравнением

$$\operatorname{tg} \varphi_U = \frac{u_\beta}{u_\alpha}. \quad (3)$$

Аналогичные с точки зрения математики выражения определяют положение обобщенного вектора I в координатах α, β , т.е. его проекции равны

$$i_\alpha = \frac{2}{3} \cdot (i_A - 0,5 \cdot (i_B - i_C)), \quad (4)$$

$$i_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (i_B - i_C). \quad (5)$$

С учетом равенства фазных токов

$$i_A + i_B + i_C = 0 \quad (6)$$

при отсутствии третьего датчика тока уравнения для проекций записываются в следующем виде:

$$i_\alpha = i_A, \quad (7)$$

$$i_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (2i_B + i_A). \quad (8)$$

Фаза обобщенного вектора I определится выражением

$$\operatorname{tg} \varphi_I = \frac{i_\beta}{i_\alpha}. \quad (9)$$

Угол сдвига фаз между напряжением U и током I в различных системах координат неизменен, т.е.

$$\varphi_{dq} = \varphi_{\alpha\beta} = \varphi_u - \varphi_i = \varphi. \quad (10)$$

Вычислитель B может определить для каждой фазы мгновенную мощность p , которая определяется мгновенными величинами напряжения u и тока i следующим образом:

$$p = u \cdot i, \quad (11)$$

где

$$u = U_M \cdot \sin \omega t, \quad (12)$$

$$i = I_M \cdot \sin(\omega t + \varphi). \quad (13)$$

В случае квазиустановившегося процесса в ВД можно определить активную потребляемую мощность на отрезке одного периода (полупериода) для каждой фазы известным выражением

$$P_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^T p \cdot dt. \quad (14)$$

Следовательно, для симметричной нагрузки усредненное значение коэффициента мощности определяется как

$$\cos \varphi = \frac{P_{CP}}{U_{\Phi} \cdot I_{\Phi}}. \quad (15)$$

Неизвестное положение координат d , q определится в результате следующих расчетов величин векторов, естественно, что параметры двигателя в схеме замещения должны быть известны.

Учтем падение напряжения на активном сопротивлении статорной обмотки R , тогда «чистое» – электромагнитное напряжение U_1 на статорной обмотке

$$\dot{U}_1 = \dot{U} - \dot{I} \cdot R. \quad (16)$$

В подавляющем большинстве постоянные магниты ВД имеют магнитную проницаемость, которая близка к «1», тогда индуктивные сопротивления по продольной и поперечной осям d , q будут практически равны,

$$X_d = X_q = X. \quad (17)$$

Величина ЭДС, задающая направление оси q , определится в следующем виде:

$$\dot{E} = \dot{U}_1 - j \cdot \dot{I} \cdot X. \quad (18)$$

Естественно, что угол θ_U , характеризующий положение вектора питающего напряжения U по отношению к оси q , не равен «чистому» углу θ_1 , который определяет физические положения ротора по отношению к магнитному полю статора. Из условия равенства проекций векторов jIX и E (пунктир на вектор U_1) следует, что $\sin \theta_1$ пропорционален $\cos \varphi_1$ идеального двигателя, у которого активное сопротивление равно нулю, т.е.

$$\sin \theta_1 = \cos \varphi_1 \cdot \frac{I \cdot X}{E}. \quad (19)$$

Значение фазового угла φ_1 определяется аналогично φ следующим выражением:

$$\varphi_1 = \varphi_{ul} - \varphi_i. \quad (20)$$

Очевидно, что $\cos \varphi_1$, характеризующий положение векторов напряжения U_1 и тока I идеального двигателя, не равен $\cos \varphi$ источника питающего напряжения. Для усредненных значений мощности и действующих тока и напряжения $\cos \varphi_1$ может быть определен следующим образом:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_{\text{ср}} \cdot m}{\sqrt{3} U \cdot I} \quad (21)$$

Из условия равенства проекций векторов U_1 и E на вектор тока I следует, что $\cos \psi$ пропорционален $\cos \varphi_1$, т.е.

$$\cos \psi = \cos \varphi_1 \cdot \frac{U_1}{E} \quad (22)$$

Аналогичные связи векторов напряжения U_1 и напряжения на индуктивном сопротивлении X определяют также величину $\cos \psi$ следующим выражением:

$$\cos \psi = \sin \theta_1 \cdot \frac{U_1}{I \cdot X} \quad (23)$$

Следует отметить, что $\cos \varphi$ между двумя векторами, например U_1 и I , определится следующим уравнением:

$$\cos \varphi_1 = 1 - 0,5 A^2, \quad (24)$$

где A – модуль разности двух единичных векторов, определяющих направление U_1 и I .

Аналогично определяется $\cos \theta_1$ между двумя векторами, например U_1 и E , уравнением

$$\cos \theta_1 = 1 - 0,5 A_1^2, \quad (25)$$

где A_1 – модуль разности двух единичных векторов U_1 и E .

Средняя скорость обобщенного вектора напряжения за отрезок времени

$$\omega = \frac{\Delta \varphi_u}{\Delta t} \quad (26)$$

Аналогичное выражение определяет скорость ротора относительно обобщенного вектора напряжения:

$$\omega|_2 = \frac{\Delta \theta_u}{\Delta t} \quad (27)$$

Таким образом, проекции вектора тока I двигателя на координатные оси d, q будут определяться как

$$I_d = I \cdot \sin \psi, \quad (28)$$

$$I_q = I \cdot \cos \psi. \quad (29)$$

С целью получения максимального момента двигателя при номинальном токе статора среднее значение составляющей тока по оси d должно быть равно нулю. Следовательно, для усредненных значений угол нагрузки будет равен углу φ_1 , т.е.

$$\varphi_1 = \theta_1 = \pi/2. \quad (30)$$

Такое соотношение углов теоретически определяет возможности регулирования максимального электромагнитного момента, который без учета активного сопротивления в крупных синхронных машинах определяется по уравнению

$$M_{\max} = \frac{m \cdot U \cdot E}{\omega \cdot X} \cdot 1. \quad (31)$$

Из этого уравнения следует, что величина электромагнитного напряжения U_1 пропорционально влияет на значение максимального момента. В свою очередь, момент не пропорционален величине питающего напряжения U , так как необходимо для машин малой и средней мощности учесть напряжение на активном сопротивлении статора.

Из геометрических соотношений векторов (см. рис. 2) следующее выражение позволяет определить необходимое напряжение питания:

$$U = \sqrt{(IR)^2 + U_1^2 - 2U_1R \cdot \cos(\pi - \varphi_1)}. \quad (32)$$

С учетом равенства углов (30) электромагнитное напряжение U_1 будет меньше напряжения питания и находится из уравнения

$$U_1 = \sqrt{U^2 - (IR)^2}. \quad (33)$$

На рис. 3 показана зависимость питающего напряжения U при постоянной частоте в режиме холостого хода, когда $\sin \theta_1 = 0$ в соответствии с уравнениями (22), (23), углы определяются по уравнению

$$\varphi_1 = \psi = \pi/2. \quad (34)$$

Расчеты проведены в относительных единицах (о.е.) [4] с параметрами двигателя $X = 0,75$ о.е; $R = 0,5$ о.е; $E = 0,75$ о.е. В режиме холостого хода ось q совпадает по направлению с вектором U_1 , а в соответствии с выражением (29) ток на оси q равен нулю. Тогда величина тока на оси d будет определяться как

$$I_d = \frac{U_1 - E}{X}. \quad (35)$$

При номинальном напряжении питания коэффициент мощности в режиме холостого хода определяется выражением:

$$\cos \varphi_0 = \frac{I \cdot R}{\sqrt{U_1^2 + (IR)^2}}. \quad (36)$$

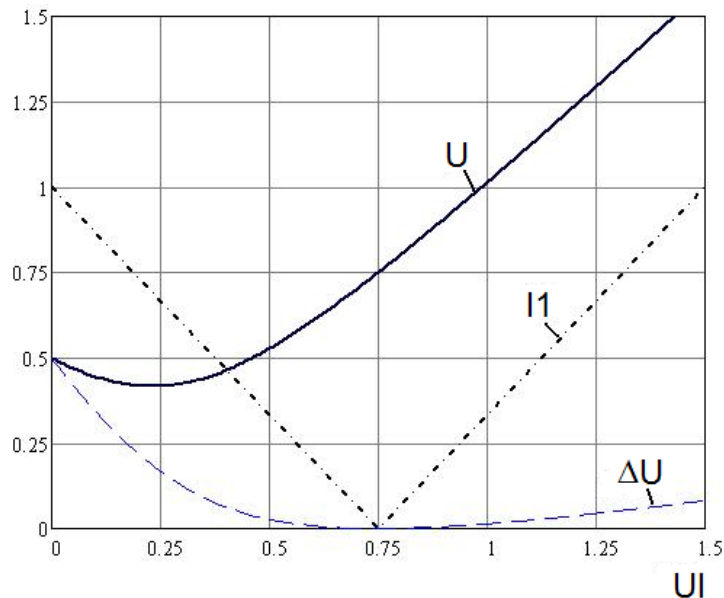


Рис. 3. Зависимость питающего напряжения U в режиме холостого хода

Для приведенных параметров двигателя в о.е. этот коэффициент приблизительно равен произведению тока холостого хода на активное сопротивление, т.е.

$$\cos \varphi_0 = I \cdot R = 0,16. \quad (37)$$

Определяющим показателем работы любого электродвигателя является КПД,

$$\text{КПД} = \frac{P_1 - m \cdot I^2 \cdot R}{P_1}. \quad (38)$$

В [4] показано, что в номинальном режиме электромагнитный КПД определяется с учетом потерь в обмотках статора следующим выражением:

$$\text{КПД}_\varepsilon = \frac{\cos \varphi_H - R}{\cos \varphi_H}. \quad (39)$$

Следовательно, электромагнитная мощность в номинальном режиме определяется по формуле

$$P_\varepsilon = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{КПД}_\varepsilon. \quad (40)$$

Электромагнитный момент, равный в установившемся режиме моменту сопротивления, определится известным выражением:

$$M_{\text{э}} = \frac{P}{\omega_0} . \quad (41)$$

Выводы:

1. Показаны возможности вычислителя в типовой структуре бездатчикового управления на основе преобразования обобщенных векторов тока и напряжения вентильного двигателя.

2. Показано влияние сопротивления статорной обмотки на величину электромагнитного напряжения, мощность и момент двигателя.

3. Приведены выражения для определения момента, скорости, $\cos \theta_1$ и $\sin \theta_1$, где θ_1 – угол нагрузки идеального двигателя.

4. Показана в относительных единицах связь электромагнитного КПД двигателя, $\cos \varphi$ в номинальном режиме с активным сопротивлением статора.

Библиографический список

1. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе. – СПб.: КОРОНА-Век, 2007. – 336 с.

2. Панкратов В.В. Вентильный электропривод: от стиральной машины до металлорежущего станка и электровоза // Электронные компоненты. – 2007. – № 2. – С. 27–37.

3. Кононенко Г.В., Сипайлов Г.А., Хорьков К.А. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1975. – 279 с.

4. Ключников А.Т. Тарировка уравнений асинхронных машин при моделировании в относительных единицах // Электротехника. – 2012. – №3. – С. 2–6.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЕРА *OMRON* ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**Соискатель ученой степени Е.Н. Еланцева,
магистр гр. АСУ-12-1м А.А. Бояршинова**

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *С.Н. Костарев*,
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Разработано программно-аппаратное обеспечение для управления полигоном ТБО, представляющее техническое решение по использованию патента 2162059, на базе промышленного контролера *OMRON*. Основной целью внедрения АСУ ТП на полигоне ТБО являлось предотвращение эмиссий загрязняющих веществ и уменьшение жизненного цикла полигона ТБО с переводом его в инертное состояние.

Ключевые слова: ТБО; ПЛИС; АСУ ТП.

APPLICATION OF INDUSTRIAL CONTROLLER *OMRON* TO MANAGE OF LOCAL LANDFILL MSW

**Competitor of a scientific degree E.N. Elantseva,
Student of group ASU-12-1m A.A. Boyarshinova**

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *S.N. Kostarev*
Perm National Research Polytechnic University

Hardware-software maintenance for management of the range TBO, the representing technical decision on use of the patent 2162059 is developed, on the basis of industrial controller *OMRON*. The basic purpose of introduction automated process control system on landfill MSW was prevention of issues of polluting substances and reduction of life cycle of landfill MSW with his translation in an inert condition.

Keywords: Municipal solid waste, Programmable logic device, Automated process control system.

Повышение экологических требований к полигонам захоронения отходов и качеству среды обитания требует внедрения автоматизированных средств мониторинга и управления данными объектами [2, 3]. Основные механизмы управления эмиссионными потоками полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) уже были ранее обоснованы. Одним из способов управления полигоном ТБО является способ, описанный в [7].

Следующим этапом являлась разработка технических решений патента [7], направленных на управление локальными сооружениями полигона ТБО. В качестве аппаратного обеспечения был выбран программируемый контроллер *OMRON CP1L*, представляющий собой компактное изделие для решения задач автоматизации низкой и средней степени сложности [6]. Применение программного обеспечения контроллера *OMRON* также позволило разработать человеко-машинный интерфейс управления локальными сооружениями полигона ТБО.

Автоматизированная система оперативного управления включает следующие компоненты: управление секциями полигона с помощью рециркуляции фильтрата, ступень рН-регулирования, также дополнительно предлагается очистка фильтрата и поверхностных стоков ТБО на гидро-биологических площадках [1, 4, 9].

Схема автоматизации локальных сооружений полигона ТБО представлена на рис. 1. В данном случае полигон состоит из двух карт (секций). Локальные сооружения представлены накопительным прудом-усреднителем (НПУ) и прудом-отстойником (ПО). Предлагается также использовать станцию дозирования реагента.

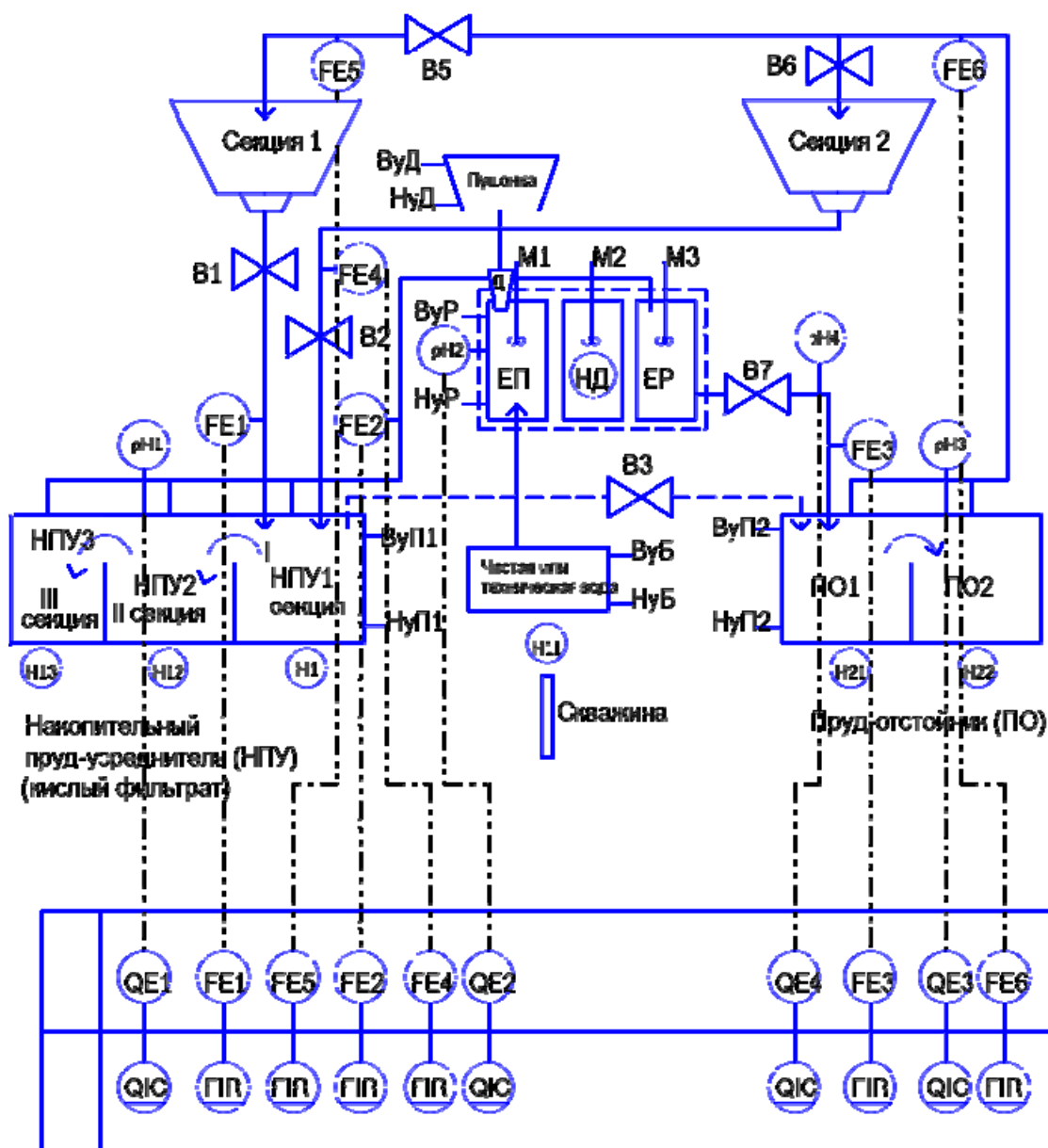


Рис. 1. Схема автоматизации локальных сооружений полигона ТБО: FE – расход; рН-мониторинг рН; В_х – регулируемый клапан; В_у, В_н – датчики верхнего и нижнего уровней жидкости в резервуаре

Станция оператора будет состоять из следующих модулей:

– сенсорного монитора оператора управления локальными сооружениями;

– программируемого контроллера *OMRON CP1L*.

Станция дозирования будет приобретаться готовым изделием и иметь собственный пульт управления.

Программное управление технологическим режимом заключается в поддержании и уменьшении отклонения от заданного процесса. Проводится мониторинг физико-химических величин [5, 8]. Для стабилизации влажности субстанции массива разработан алгоритм, реализующий управление процессами на полигоне ТБО с обратной связью. Для ускорения стабилизации рН-среды рассчитывается необходимое количество известкового раствора, добавляемого в рециркулируемый фильтрат, в зависимости от рН среды массива ТБО и объема рециркулируемого фильтрата [10].

Для разработки программы и проведения симуляция проекта использовался учебный лабораторный стенд: средства автоматизации и управления (САУ-мини, УЧТЕХ-Профи (Челябинск)) (рис. 2).



Рис. 2. Сенсорный монитор оператора и контроллер

Программа управления контроллером была написана на языке релейно-контактных схем (РКС) (стандарт МЭК 61131-3). Язык представляет собой программную реализацию электрических схем на базе электромагнитных реле. Программа на языке релейно-контактных схем имеет наглядный и интуитивно понятный инженерам-электрикам графический интерфейс, представляющий логические операции как электрическую цепь с замкнутыми и разомкнутыми контактами.

В табл. 1 показаны обозначения входных сигналов (датчиков) и выходных управляющих воздействий, используемые в данной системе.

Таблица 1

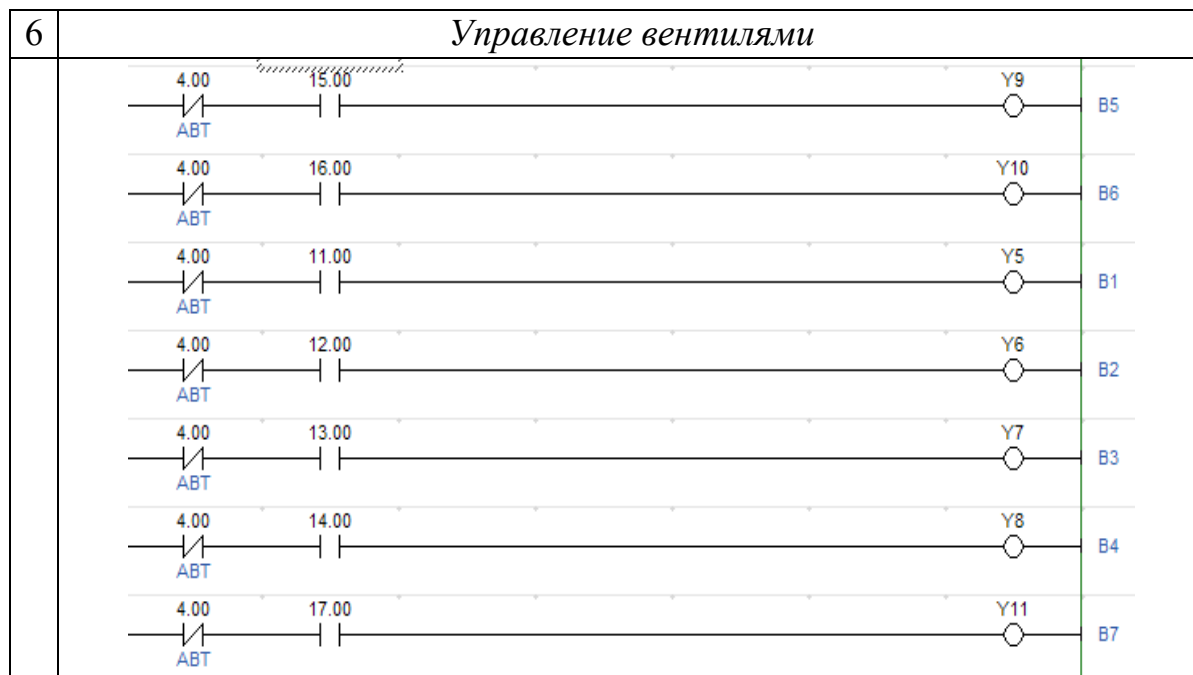
Обозначения входных сигналов (датчиков) и выходных управляющих воздействий, используемые в данной системе

Вх-Х Вых-У	Адрес бита в ОЗУ кон- троллера	Обозна- чение	Адрес памяти Панель оператора	Пояснение
X0	CI O 0.00	БуП2		Верхний уровень в пруде 2
X1	CI O 0.01	БуП1		Верхний уровень в пруде 1
X2	CI O 0.02	НуП1		Датчик нижнего уровня в пруде 1
X3	CI O 0.03	БуР		Датчик верхнего уровня в реакторе
X4	CI O 0.04	НуР		Датчик нижнего уровня в реакторе
X5	CI O 0.05	pH1		Мониторинг pH
X6	CI O 0.06	Z		Термо(влаго) защита насоса
X7	CI O 0.07	НуБ		Датчик нижнего уровня в БАКЕ
X8	CI O 0.08	БуБ		Датчик верхнего уровня в БАКЕ
X10	CI O 0.10	pH4		Мониторинг pH
X11	CI O 0.11	pH5		Мониторинг pH
	CI O 1.00	pH6		Мониторинг pH
	CI O 1.01	F1		Мониторинг потока
	CI O 1.02	F2		Мониторинг потока
	CI O 1.03	V		
	CI O 1.04	F4		Мониторинг потока
	CI O 1.05	F5		Мониторинг потока
	CI O 1.06	F6		Мониторинг потока
	CI O 1.07	F7		Мониторинг потока
	CI O 1.08	F8		Мониторинг потока
	CI O 1.09	F9		Мониторинг потока
	CI O 1.10	НуП2		Датчик нижнего уровня в пруде 2
	CI O1.11	Нуд		
Y0	CI O 100.00			
Y1	CI O 100.01	КП	7	Вентиль наполнения пруда
Y2	CI O 100.02	Д1	6	Дозатор емкости для приготовления раство- ров реагентов
Y3	CI O 100.03	Н1	9	Насос в пруде 1
Y4	CI O 100.04	М1	10	Мешалка емкости для приготовления раство- ров реагентов
Y5	CI O 100.05	В 1	11	Управление вентилем
Y6	CI O 100.06	В2	12	Управление вентилем
Y7	CI O 100.07	В3	13	Управление вентилем
Y8	CI O 101.00	В4	14	Управление вентилем
Y9	CI O 101.01	В5	15	Управление вентилем
Y10	CI O 101.02	В6	16	Управление вентилем
Y11	CI O 101.03	В7	17	Управление вентилем
Y11	CI O 101.04		18	
Y11	CI O 101.05	Н3	5.00	Заполнение реактора ЕП

Основные блоки разработанной программы и краткое пояснение бло-
ков показаны в табл. 2.

Перечень и описание блоков диаграммы

1	<p><i>Заполнение емкости приготовления известкового молока</i> (Автоматическое включение насоса НЗ при опорожнении емкости ЕП, проверка условий наличия чистой воды (НуБ), залив до верхнего уровня емкости ЕП (Вур); Ручное управление с пульта оператора (5.00))</p>
2	<p><i>Дозирование пушонки</i> (Автоматическая настройка таймера, проверка наличия пушонки и включение привода дозиметра (засыпка пушонки) в ЕП; ручное управление с пульта оператора (6.00))</p>
3	<p><i>Включение мешалки</i></p>
4	<p><i>Включение насоса Н1</i></p>
5	<p><i>Включение насоса Н2</i></p>



Пульт оператора (сенсорный экран) был разработан с использованием программы *CX-Designer*. Диалоговое окно оператора локальных сооружений обезвреживания фильтрата содержит дуплексный экран по управлению (Экран 1) (рис. 3) и мониторингу параметров (Экран 2) общей схемы установки (рис. 4).



Рис. 3. Структура диалогового окна управления системой рециркуляции фильтрата



Рис. 4. Мониторинг физико-химических параметров системы рециркуляции фильтрата

Предусматривается автоматизированное и ручное управление. В автоматическом режиме производится авторегулирование параметров системы. Была проведена симуляция проекта, которая показала работоспособность системы.

Библиографический список

1. Технологии автоматизированного управления полигоном твердых бытовых отходов / Н.И. Артемов, Т.Г. Серeda, С.Н. Костарев, О.Б. Низамутдинов // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 11. – С. 43.
2. Костарев С.Н. Мониторинг и управление физико-химическими параметрами в природно-технических системах утилизации отходов // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 5. – № 3. – С. 78–82.
3. Костарев С.Н. Автоматизированное проектирование природно-технических систем утилизации отходов // Программные продукты и системы. – 2010. – № 1. – С. 22.
4. Костарев С.Н., Серeda Т.Г., Михайлова М.А. Разработка автоматизированной системы мониторинга и управления природно-техническими системами утилизации отходов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–2. – С. 273–277.
5. Костарев С.Н., Серeda Т.Г., Клюкин А.А. Подходы к созданию информационных технологий автоматизированного управления безопасным состоянием экосистем депонирования отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2009. – № 3. – С. 15–24.
6. Модуль ЦПУ CP1L. Вводное руководство [Электронный ресурс]. W07E-RU-01A+CP1L+IntroManual.
7. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от тяжелых металлов: пат. 2162059RU Рос. Федерация / Т.Г. Серeda, С.Н. Костарев, Л.В. Плахова.
8. Серeda Т.Г., Костарев С.Н. Разработка методов проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления искусственными экосистемами хранения отходов // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 11. – С. 21–24.
9. Серeda Т.Г. Обоснование технологических режимов функционирования искусственных экосистем хранения отходов: дис. ... д-ра техн. наук. – Пермь, 2006.
10. Kostarev S.N., Sereda T.G. Automated process control of sanitary municipal solid waste landfill // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Т. 22, № SPL. – Is. 2. – С. 64–69.

ОТЛАДОЧНАЯ ПЛАТА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC

Старший преподаватель Л.П. Андреева
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассматривается устройство, предназначенное для изучения основ микроконтроллерной техники, получения практических навыков программирования и отладки программ для распространенных микроконтроллеров среднего семейства фирмы *Microchip PIC16F84A, PIC16F628A* и может быть использовано в лабораторных и исследовательских целях. При подключении внешних периферийных устройств может служить макетом разрабатываемой микроконтроллерной системы, позволяя отлаживать программы во взаимодействии с реальными источниками сигналов и исполнительными устройствами.

Ключевые слова: слова: микроконтроллер, программирование, отладка программы.

DEBUGGING BOARD FOR PIC MICROCONTROLLER

Assistant Professor L.P. Andreeva
Perm National Research Polytechnic University

This device is using for studying a basics of microcontrollers, receiving a practical skills of software programming and verification for common microcontrollers Microchip PIC16F84A, PIC16F628A, and may be used in the practical and research purposes. On connection internal peripheral devises it may used as a template for developed microcontroller system, enabling debug programs on interconnection with real signal sources and actuators.

Keywords: microcontroller, programming, debug of program.

Микроконтроллеры *PICmicro* широко используются в практике. Они отличаются невысокой стоимостью, сокращенным набором команд, низким энергопотреблением, достаточным для многих задач быстродействием и развитой встроенной периферией. Для разработки любого устройства с микроконтроллером необходимы соответствующие средства программирования и отладки.

Для микроконтроллеров рассматриваемого семейства в настоящее время выпускается достаточно много промышленных программаторов, в том числе PicProg, Uniprogram, EXTRA-PIC, PICkit, PICkit-2. Имеется и большой ассортимент пригодных для повторения любительских программаторов. Значительно меньше разнообразие отладочных плат: отечественные ЛОК-2, ЛОК-4 [1.2.], зарубежные PIC-Easy [3], PIC-PG4 [4], PIC-MT-USB [5], LAB-XI [6] и др. Недостаток этих плат – сложность конструкции и дороговизна.

Предлагаемая простая отладочная плата PIC-ЛАБ [7] предназначена для отладки программ в лабораторных и домашних условиях для таких распространенных микроконтроллеров, как PIC16F84A и PIC16F628A. Схема платы приведена на рис. 1.

Для микроконтроллера DD2 с отлаживаемой программой предусмотрена панель DIP18, что позволяет легко его заменять. Кроме микроконтроллеров указанных на схеме типов в панель можно устанавливать и другие 18-выводные, имеющие аналогичное назначение выводов, например PIC16F648.

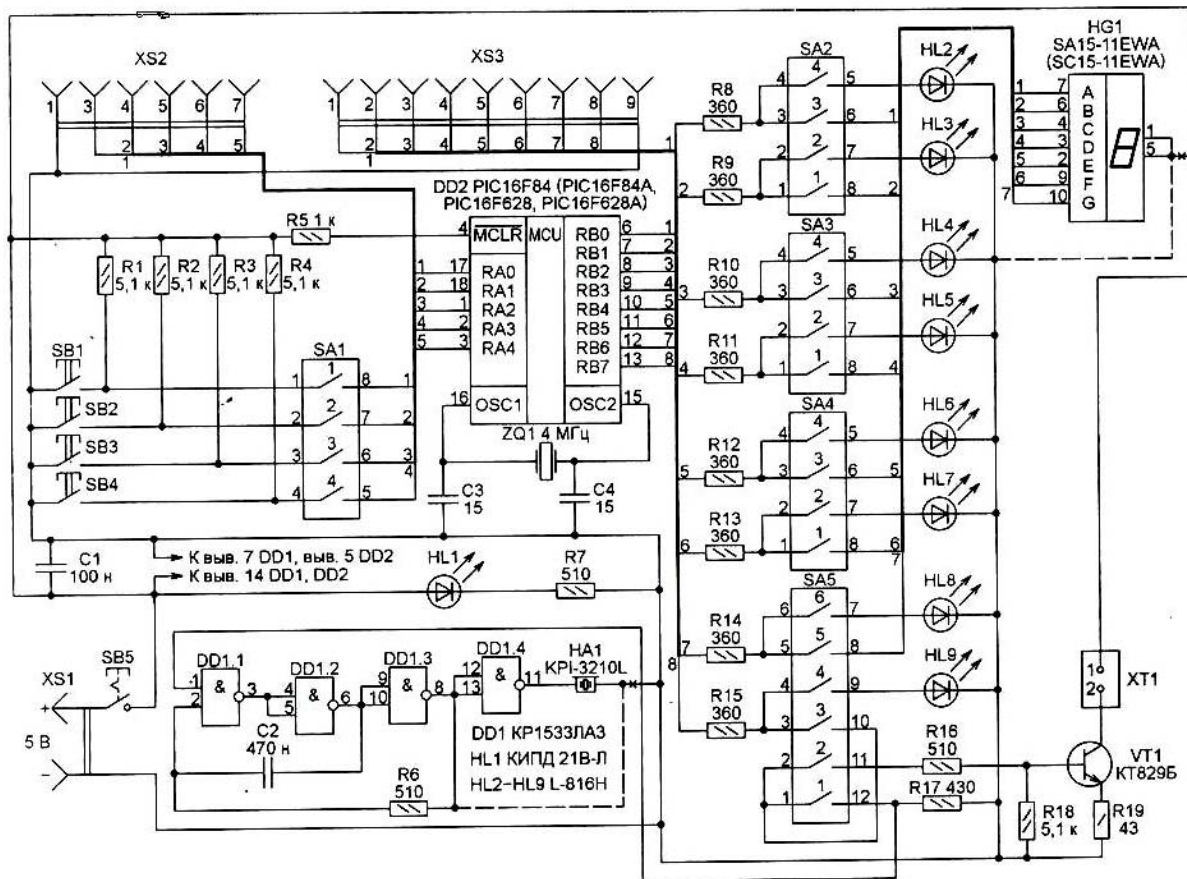


Рис. 1. Принципиальная схема платы

Все линии порта А, установленного на плату микроконтроллера, выведены на разъем XS2, а порта В – на разъем XS3. Сюда подключают необходимые при отладке внешние устройства. На плате имеются восемь единичных светодиодов HL2–HL9 и семиэлементный светодиодный индикатор HG1. С помощью блоков DIP-выключателей SA2–SA5 их можно подключить к порту В микроконтроллера через ограничивающие ток резисторы R8–R15.

Светодиоды HL2–HL9 включают записью лог.1 в соответствующие разряды регистра PORTB микроконтроллера. Поскольку индикатор SA15-11EWA (HG1) с общим анодом, его элементы включают записью лог.0 в соответствующие разряды того же регистра. Если заменить индикатор аналогичным, но с общим катодом, например SC15-11EWA, то его выводы 1 и 5 необходимо отключить от плюсового провода питания

и соединить с общим проводом, как показано на схеме крестом и штриховой линией. Тогда элементы индикатора будут включаться, как и светодиоды HL2–HL9, записью единиц в разряды регистра PORTB.

DIP-выключателями блока SA1 к линиям RA0–RA3 порта A микроконтроллера при необходимости могут быть подключены кнопки SB1–SB4. При чтении регистра PORTA нажатым кнопкам соответствуют нули в соответствующих разрядах, не нажатым – единицы.

На плате предусмотрены:

– подключенный к выводам тактового генератора микроконтроллера кварцевый резонатор ZQ1;

– управляемый звуковой генератор на микросхеме DD1 с пьезоизлучателем HA1;

– коммутатор на транзисторе VT1 для управления нагрузкой, подключаемой к контактной колодке XT1.

Работу звукового генератора разрешают записью лог.1 в разряд RB7 регистра PORTB микроконтроллера. При этом должны быть замкнуты контакты 1–12 и 3–10 блока выключателей SA5. Громкость звукового сигнала можно увеличить, отключив один из выводов излучателя звука от общего провода и соединив его с выходом элемента DD1.3, как показано на схеме штриховой линией. Если вместо контактов 1–12 замкнуть контакты 2–11, то разряд RB7 станет управлять состоянием транзистора VT1.

Состояния выключателей блоков SA1–SA5, необходимые для организации работы отладочной платы PIC-ЛАБ в перечисленных далее режимах, указаны в таблице (рис. 2).

Режим	Состояние выключателей																					
	SA1				SA2				SA3				SA4				SA5					
	1–8	2–7	3–6	4–5	1–8	2–7	3–6	4–5	1–8	2–7	3–6	4–5	1–8	2–7	3–6	4–5	1–12	2–11	3–10	4–9	5–8	6–7
1		•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	x	x	°	•	°	•
1.1	•	•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	•	°	•	°	°	•
1.2	•	•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	•	°	°	•
2	•	•	•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	x	x	°	°	•	°
2.1	•	•	•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°
2.2	•	•	•	•	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	•	°	°	•	•	°	°	•
3	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
3.1	°	°	°	°	Как в режимах 1 или 2																	
3.2	•	•	•	•	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°

• – контакты замкнуты; ° – контакты разомкнуты.

Рис. 2. Таблица положений выключателей

Режим 1. Индикация состояния всех линий порта В микроконтроллера восемью светодиодами РД2–НД9.

Режим 1.1. Светодиодная индикация состояния только семи линий порта В (RB0–RB6), выход RB7 управляет генератором звуковой частоты с пьезоизлучателем звука HA1.

Режим 1.2. То же, что режим 1.1, но выход RB7 управляет не звуковым генератором, а транзистором VT1.

Режим 2. К линиям RB0–RB6 подключены катоды семиэлементного индикатора HG1.

Режим 2.1. То же, что 1.1, но вместо светодиодов HL2–HL8 к линиям RB0–RB6 подключены катоды семиэлементного индикатора HG1.

Режим 2.2. То же, что 1.2, но вместо светодиодов HL2–HL8 к линиям RB0–RB6 подключены катоды семиэлементного индикатора HG1.

Режим 3. К портам микроконтроллера подключены только внешние устройства (через разъемы XS2 и XS3).

Режим 3.1. К порту А микроконтроллера через разъем XS2 подключены внешние устройства, порт В используется, как в режиме 1 или 2.

Режим 3.2. К порту В микроконтроллера через разъем XS3 подключены внешние устройства, выводы RA0–RA3 порта А соединены с кнопками SB1–SB4.

Все детали устройства смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

Плата рассчитана на установку постоянных резисторов С2-23-0.25 (R19) и С2-23-0.125. Конденсаторы С1, С2 – пленочные К73-17, а С3, С4 – керамические КТ-2 или К10-7В. Блоки выключателей SWD1-4, SA5–SWD1-6, кнопка SB5–PSM1-1-0. Гнездо питания XS1–DS-255, разъемы XS3 – однорядные цанговые панели соответственно SCSL-7 и SCSL-9, колодка XT1 – DG301-5.0-03P. При необходимости к ней можно подключить динамическую головку 0,5ГД-30 или другую нагрузку сопротивлением не менее 16 Ом.

Вместо транзистора КТ829Б можно использовать другой, той же серии. Семиэлементный индикатор с общим анодом SA15-11EWA заменяется А-151R. Об установке индикатора с общим катодом рассказано ранее. Светодиоды L816H можно заменить на КИПМ15М10-К4-П5, а пьезоизлучатель КР1-3210L – на ЗП-1.

Плата PIC-ЛАБ пригодна для использования в качестве средства обучения при выполнении лабораторных экспериментов, а также для

макетирования и отладки программ практических разработок на базе микроконтроллеров. Питать ее можно от любого стабилизированного источника напряжения +5 В, в том числе от сетевого адаптера, способного отдавать ток не менее 200 мА.

Библиографический список

1. Описание лабораторно-отладочного комплекса ЛОК-1. – URL: http://mpt-35.narod.ru/LOK_main.pdf
2. Лабораторно-отладочный комплекс ЛОК-4-USB. – URL: http://s-kov.narod.ru/LOK_4.pdf
3. Отладочный комплекс PIC-Easy. – URL: <http://www.kosmodrom.com.ua/data/pic-easy.php>
4. Внутрисхемный программатор – отладочная плата Olimex PIC-PG4. – URL: <http://www.rlocman.ru/op/tovar.html?di=62813&/PIC-PG4>
5. Отладочная плата PIC-MT-USB. – URL: <http://mcucpu.ru/index.php/devsystems/38-pic/65-picmtusb>
6. Колесников Е. Простая отладочная плата для микроконтроллеров PIC. – М.: Радио, 2012. – № 11. – С. 24 – 27.

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ МОЩНЫХ СИНХРОННЫХ МАШИН

Магистрант гр. ЭМ-13-1м И.А. Крылова

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент *А.И. Судаков*,
доцент *Е.А. Чабанов*

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Представлены результаты исследования и идентификации переходного процесса в опыте внезапного короткого замыкания мощной синхронной машины типа СТД-2-12,5 МВт вероятностно-статистическим методом.

Ключевые слова: синхронная машина; постоянная времени; случайный признак; математическое ожидание; дисперсия.

PROBABILISTIC AND STATISTICAL METHODS OF ANALYSIS OF TRANSIENT PROCESSES POWER SYNCHRONOUS MACHINES

Undergraduate Student of group EM-13-1m I.A. Krylova

Scientific advisers: Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *A.I. Sudakov*, Associate Professor *E.A. Chabanov*
Perm National Research Polytechnic University

The present paper is devoted results of research and identification of the transition process in the experience of sudden short-circuit powerful synchronous machine type STD-2-12, 5 MW using probabilistic and statistical methods.

Keywords: synchronous machine; the time constant; random sign; the mathematical expectation; dispersion.

Опыт внезапного симметричного короткого замыкания (ВКЗ) фаз обмоток статора, проводимый заводами-изготовителями при приемочных испытаниях, является центральным для получения из осциллограмм параметров и электромагнитных постоянных времени (ПВ) синхронных машин.

Графоаналитический метод (ГАМ) обработки осциллограмм переходных процессов, несмотря на низкую точность и достоверность, а также значительную трудоемкость, является распространенным и регламентированным ГОСТом [1] в настоящее время.

Поэтому задача разработки точных и достоверных методов исследования и идентификации по опытным данным переходных процессов СМ является актуальной.

Возникающая при идентификации переходных процессов (ПП) проблема разброса параметров синхронной машины в результате влияния различных случайных факторов на ПП решается применением вероятно-

стно-статистических методов (ВСМ), разработанных на базе теории вероятностей и математической статистики (ТВ и МС) [2, 3].

Представление переходного процесса в опыте ВКЗ дискретно заданной функцией. В общем случае, мгновенное изменение тока якоря с частотой сети преобразуется из аналоговой формы в дискретную с высокой частотой квантования во времени с целью выделения вершин токов якоря СМ на протяжении переходного процесса до его установления.

Переходный процесс в опыте ВКЗ можно представить дискретно заданной функцией в узлах квантования $t_k = K \cdot \Delta t + \Delta T$ с шагом $\Delta t = 0,01$ с:

$$i(t_k) = \sum_n A_0^{(n)} \cdot e^{-\frac{t_k}{\tau^{(n)}}} - A_\infty \quad (1)$$

где $A_0^{(n)}$, $\tau^{(n)}$ – параметры экспоненциальных составляющих (при $n = 1$ учитывается одна переходная составляющая, при $n = 2$ учитываются переходная и сверхпереходная составляющие, при $n = 3$ учитываются переходная, сверхпереходная и апериодические составляющие); A_∞ – установившееся значение тока якоря в опыте ВКЗ; ΔT – начальный сдвиг во времени первой вершины в данном опыте; K – количество элементов между огибающими дискретной функции, являющейся исходной информацией.

Исходными данными для исследования и идентификации переходного процесса являются: линейное напряжение $U_n = 10\,000$ В; начальный фазовый сдвиг первой вершины в фазе А, составляющий $\Delta T = 0,008$ с; установившееся значение тока якоря $2I_\infty = 5,3$ мм; масштаб тока $m_I = 150$ А/мм, а также полученные вершины и время в узлах дискретизации переходного процесса (столбцы 1, 2, табл. 1).

Аналитический способ выделения дискретных огибающих переходного процесса в опыте ВКЗ. Дискретные значения тока якоря между дискретными огибающими в узлах квантования с шагом, равным 0,01 с, рассчитывают по формуле (2) [2, 3] (столбцы 3, 4, см. табл. 1):

$$\left. \begin{aligned} i_{0j} &= i_{mj} + |I_{mj}|, j = \overline{2, K-3}, i_{mj} = |0,375 \cdot I_{m(j-1)} + 0,75 \cdot I_{m(j+1)} - 0,125 \cdot I_{m(j+3)}|, \\ i_{n1} &= 1,875 \cdot I_{m2} - 1,25 \cdot I_{m4} + 0,375 \cdot I_{m6}, \end{aligned} \right\} (2)$$

где 0,375; 0,75; 0,125 – выведенные коэффициенты для расчета значений i_{mj} с равномерным шагом на базе интерполяционной схемы Эйткена; 1,875; 1,25; 0,375 – аналогично полученные коэффициенты для определения i_{n1} при расчете элемента на первом шаге.

Разделение полного тока переходного процесса на симметричный и асимметричный токи якоря осуществляется с помощью простых алгебраических операций [4].

Симметричная составляющая определяется по выражению

$$i_{cj} = |I_{vj} - (-i_{ij})|, \quad (3)$$

ассиметричная по формуле

$$i_{aj} = \frac{|I_{vj} - (-i_{ij})|}{2}. \quad (4)$$

Результаты расчетов по (2), (3), (4) представлены в столбцах 3, 4, 5 табл. 1.

Таблица 1

Исходные опытные данные и дискретно рассчитанные составляющие переходного процесса

Опытные вершины тока якоря		Ток якоря между огибающими		Массив составляющих период. тока якоря		Массив аperiod. тока	Модель переходного процесса (по ф.)		Прим.
t_j, c	$I_{mj}, мм$	$i_{ij}, мм$ (по ф. 3)	$i_{oj}, мм$ (по ф. 3)	$i'_{oj}, мм$ (по ф. 4)	$i''_{oj}, мм$ (по ф. 14)	$i_{aj}, мм$ (по ф.14)	$(i_{oj})_{всм}, мм$	$(i_{oj})_{гам}, мм$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,008	-44,5	0,675	45,175				46,81415	49,30965	ΔT
0,018	2,0	-38,1625	40,1625		6,25769	18,08125	40,16250	42,77026	$t''_н = t_{ан}$
...									
0,038	4,5	-29,3375	33,83750		1,70817	12,41875	33,8375	35,27956	$t''_в$
...									
0,078	9,1	-19,7	28,8		0,21	5,3	29,03505	29,17809	$t_{ав}$
...									
0,128	-13,5	11,88750	25,38750	19,58750		0,80625	25,43430	25,66395	$t'_{н1.эф}$
0,138	12,0	-12,8375	24,8375	19,0375		0,41875	24,80179	25,10397	$t'_{н2.эф}$
...									
0,468	-5,2	7,025	12,225	6,425		0,91250	12,27308	13,50612	$t'_{в1.эф}$
0,478	6,9	-5,2125	12,1125	6,3125		0,84375	12,06528	13,29052	$t'_{в2.эф}$
...									
0,898	3,9	-3,0	6,9	1,1		0,45000	7,39141	7,91181	$t^*_в$
...									
1,068	-2,8								

Симметричный ток якоря состоит из суммы удвоенных значений переходной составляющей, удвоенных значений сверхпереходной составляющей и удвоенного установившегося значения тока якоря:

$$i_{cj} = 2I_0'' \cdot e^{-t_k/\tau_d''} + 2I_0' \cdot e^{-t_k/\tau_d'} + 2I_\infty. \quad (5)$$

До этого момента не требуется привлечения вероятностного аппарата, так как разделение полного тока якоря на симметричный и асимметричный токи осуществлено аналитически, что исключает всяческие промежуточные графические построения, представленные в стандарте [1].

Разделение симметричного тока якоря на переходную и сверхпереходную составляющие по отечественным стандартам из-за субъективных погрешностей и разбросов результатов параметров идентификации в условиях влияния различных случайных факторов аналитическими методами будет всегда давать результат в пределах методической погрешности метода, поэтому их следует относить лишь к точечным результатам.

Поэтому с момента разделения симметричного тока на составляющие требуется привлечение вероятностного аппарата. При этом появляется проблема с выбором случайного признака для исследования и идентификации переходной составляющей, которая решена в [2], в которой в качестве случайного признака предложена точечная выборка объемом $n = 2$ в виде τ'_{kj} постоянной времени, выведенная с использованием логарифмического декремента затухания синусоидальной функции и которая принята за базовый случайный признак в ВСМ, легко извлекаемая из K элементов в диапазоне $t'_{н1эф} - t^*_в$:

$$\tau'_{kj} = \frac{(t_j - t_k)}{\ln \left| \frac{i_{ок}}{i_{oj}} \right|} = \frac{(t_в - t_н)}{\ln \left| \frac{i_{оН}}{i_{оВ}} \right|}, \quad (6)$$

где k – переменная для задания нижней границы, $k = 1..K$; j – переменная для задания верхней границы, $j = (k+1)..K$; K – элементы (дискретные величины i'_{oj} между огибающими тока якоря в диапазоне $[t'_{н1эф}; t^*_в]$ переходной составляющей).

Выделение переходной составляющей симметричного тока в диапазоне $t'_{н1эф} - t^*_в$ осуществляется по выражению (столбец 5, см. табл. 1):

$$i'_{oj} = i_{oj} - 2I_{\infty}. \quad (7)$$

Исследования переходного процесса по участку переходной составляющей в диапазоне $t'_{н1эф} - t^*_в$ через свойства генеральной совокупности случайного признака объемом N_0 , выборки из нее объемом $n_в$ и минимизированного объема эффективных точечных выборок $n_{эф}$. Для исследования переходной составляющей в диапазоне $t'_{н1эф} - t^*_в$ в [2] обоснована нижняя граница:

$$t'_{н1эф} > 5\tau''. \quad (8)$$

Следовательно, имеем $t'_н = 0,128$ с (см. табл. 1).

Верхнюю границу t^*_B определяют из условия активного протекания переходной составляющей с превышением ее на (15÷30) % над установившимся значением. Следовательно, примем $t^*_B = 0,898$ с (см. табл. 1).

В данном диапазоне на элементах исследуемого диапазона представлены свойства генеральной совокупности случайного признака N_0 , выборке из нее n_B :

$$N = \sum_{\substack{k=1 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj} + \sum_{\substack{k=2 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj} + \dots + \sum_{\substack{k=K-1 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj}, \quad (9)$$

$$\tilde{\tau}'_0 = \sum_1^N \tau'_{kj} / N, \quad \sigma_0^2 = \sum_1^N (\tau'_{kj} - \tilde{\tau}'_0)^2 / N, \quad (10)$$

$$n_B = \sum_{\substack{k=1 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj} + \sum_{\substack{k=2 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj} + \sum_{\substack{k=3 \\ j=k+1}}^K \tau'_{kj} + \dots, \quad (11)$$

$$\tilde{\tau}' = \sum_1^n \tau'_{kj} / n_B, \quad \sigma_B^2 = \sum_1^n (\tau'_{kj} - \tilde{\tau}')^2 / n_B, \quad (12)$$

где $\tilde{\tau}'_0, \tilde{\tau}'$ – первые центральные моменты случайного признака генеральной совокупности N и выборки n_B из нее; σ_0^2, σ_B^2 – вторые центральные моменты генеральной совокупности N и выборки n_B из нее.

Многочисленными исследованиями ПП СМ подтверждена гипотеза нормального распределения случайного признака по выборкам с использованием известной схемы в ТВ и МС – критерия согласия Пирсона «Хи-квадрат» [3].

В работах [2, 3] предложен способ сближения по формулам (9)–(12) полученных свойств вместо интервальных оценок классической теории вероятностей с использованием эффективных точечных выборок

$$\tau_{\text{эф}} = \frac{|t_{\text{н.эф}} - t_{\text{в.эф}}|}{\ln \frac{i_{\text{о.н.эф}}}{i_{\text{о.в.эф}}}}. \quad (13)$$

При этом выбор верхнего значения рассчитывают по условию

$$i_{\text{о.в.эф}} = 0,33 \cdot i_{\text{о.н.эф}}. \quad (14)$$

Их существование в указанных выше объемах случайного признака с минимальным отклонением от МО подтверждено аналитически и получили название эффективных точечных выборок. Также обоснован минимизированный объем эффективных точечных выборок $n_{\text{эф}} = 4$ с использованием распределения Пуассона [3]:

$$\tilde{\tau}'_{\text{эф}} = \frac{1}{4} \sum_{\substack{k_{\text{эф}}=1 \\ j_{\text{эф}}}}^4 \tau'_{k_{\text{эф}}j_{\text{эф}}}, \sigma_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{4} \sum_{\substack{k_{\text{эф}}=1 \\ j_{\text{эф}}}}^4 (\tau'_{k_{\text{эф}}j_{\text{эф}}} - \tilde{\tau}'_{\text{эф}})^2. \quad (15)$$

Формулы (15) являются базовыми в способе сближения свойств генерального ряда случайного признака и выборки из него.

Результаты расчетов по (9)–(12), (15) при исследовании переходной составляющей в диапазоне $t'_{\text{н1эф}} - t^*$ приведены в табл. 2.

В дальнейших исследованиях и идентификации ПП СМ эффективные точечные выборки нашли широкое применение. В частности, получены унифицированные формулы для идентификации переходной составляющей:

$$\tilde{\tau}'_{\text{эф}} = \frac{1}{4} \sum_{\substack{k_{\text{эф}}=1 \\ j_{\text{эф}}}}^4 \tau'_{k_{\text{эф}}j_{\text{эф}}}, 2\tilde{I}'_{0\text{эф}} = \frac{1}{4} \sum_{k_{\text{эф}}=1}^4 i'_{0k_{\text{эф}}} \cdot e^{\frac{t_{k_{\text{эф}}} + \Delta T}{\tilde{\tau}'_{\text{эф}}}}. \quad (16)$$

Для окончательной идентификации переходной составляющей по (16) в ВСМ решена проблема использования достоверного установившегося значения тока якоря. Для этого в выражении минимизации погрешности приближения $\bar{\Delta}'_K$ модели переходной составляющей к опытным данным ПП изменением установившегося значения тока якоря с произвольным шагом получают окончательные результаты идентификации переходной составляющей:

$$\bar{\Delta}'_K(t_k) = \sqrt{\frac{1}{K} \sum [(i_o(t_k))_{\text{мод}} - (i_o(t_k))_{\text{оп}}]^2}, \quad (17)$$

где $(i_o(t_k))_{\text{мод}}$ – модель переходной составляющей;

$(i_o(t_k))_{\text{мод}} = 2\tilde{I}'_0 \cdot e^{-\frac{t_k + \Delta T}{\tilde{\tau}'_{\text{эф}}}} + 2I_{\infty}$; $(2I_{\infty})_{\text{вар}}$ – варьируемое установившееся значение тока якоря; $(i_o(t_k))_{\text{оп}}$ – опытное значение переходной составляющей, которое рассчитывается по (3); K – количество элементов переходной составляющей.

Результаты оптимизации по (17) представлены на рис. 1.

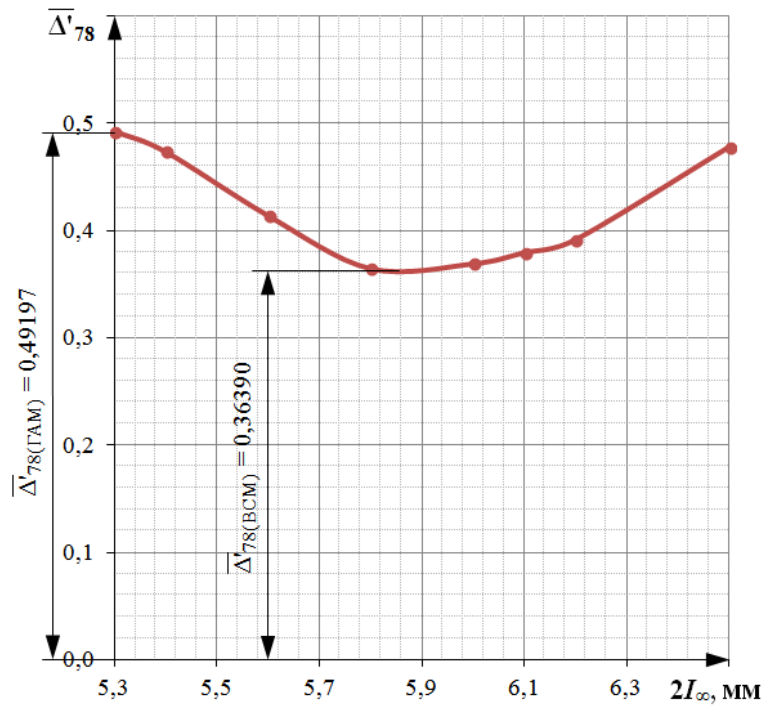


Рис. 1. Зависимость погрешности приближения от изменения установившегося значения тока якоря

Результаты идентификации переходной составляющей $\tilde{\tau}'_{эф} = 0,306749$ с, $2\tilde{I}'_{0эф} = 29,80487$ мм, $(2I_{\infty})_{опт} = 5,8$ мм приведены в столбце 2 (табл. 2).

Таблица 2

Результаты исследования и идентификации переходного процесса в опыте ВКЗ СМ СТД-2-12,5 МВт

	ВСМ	ГАМ
Генеральная совокупность		
Объем $N_{исх}$ ($N_{ск}$)	3003 (2748)	—
МО $\tilde{\tau}'_{исх}$ ($\tilde{\tau}'_{0ск}$), с	0,305234 (0,305515)	—
Дисперсия $\sigma_{0исх}^2$ ($\sigma_{0ск}^2$), с ²	0,218386 (0,00613)	—
Размах случайного признака, %	10829,3 (372,2)	—
Выборка из генеральной совокупности		
Объем $n_{исх}$ ($n_{ск}$)	923 (866)	—
МО $\tilde{\tau}'_{исх}$ ($\tilde{\tau}'_{ск}$), с	0,305554 (0,306022)	—
Дисперсия $\sigma_{исх}^2$ ($\sigma_{ск}^2$), с ²	0,00464 (0,00203)	—
Размах случайного признака, %	2368,19 (136,168)	—
Минимизированный объем эффективных точечных выборок		
Объем $n_{эф}$	4	—
МО $\tilde{\tau}'_{эф}$, с	0,306479	—
Дисперсия $\sigma_{эф}^2$, с ²	0,00000184	—
Размах случайного признака, %	1,74	—

<i>Результаты идентификации</i>		
$\tau', \text{с}$	0,3064	0,3756
$I''_0, \text{А}$	2235,4	2139,6
$\tau'', \text{с}$	0,01540	0,02233
$I''_0, \text{А}$	1510	1726
$\tau_a, \text{с}$	0,0489	–
$I_{a0}, \text{А}$	26,1	–
$I_\infty, \text{А}$	435	397,5
$\bar{\Delta}_{103}, \text{А}$	26,9	86,5
$\bar{\Delta}_{104}, \text{А}$	23,5	91,3

Определение параметров сверхпереходной и апериодической составляющих с учетом оптимизированного установившегося значения переходного процесса. Исходные данные для идентификации сверхпереходной составляющей получены по выражению

$$i''_{o,оп}(t_k) = i_{ok}(t_k) - 2\tilde{I}'_0 \cdot e^{-\frac{t_k}{\tilde{\tau}'_{эф}}} - (2I_\infty)_{опт} \quad (18)$$

и представлены в столбце 6 табл. 1, а для асимметричного тока – в столбце 7, табл. 1.

Идентификация сверхпереходной и апериодической составляющих ПП осуществляется по более простым формулам, полученным на базе эффективных точечных выборок по (13), (14):

$$\tau''_{эф} = \frac{|t''_{в.эф} - t''_{н.эф}|}{\ln|i''_{o,н}/i''_{o,в}|}, \quad \tau_{a,эф} = \frac{|t_{в.а.эф} - t_{н.а.эф}|}{\ln|i_{a,н}/i_{a,в}|}, \quad (19)$$

$$2I''_0 = i''_{o,н} \cdot e^{\frac{\Delta T}{\tau''_{эф}}}, \quad I_{a0} = i_{a,н} \cdot e^{\frac{\Delta T}{\tau_{a,эф}}}. \quad (20)$$

В результате получим параметры: $\tau''_{эф} = 0,015404$, $\tau_{a,эф} = 0,048893$, $2I''_0 = 20,132987$, $I_{a0} = 26,128485$, которые приведены в столбце 2 (см. табл. 2.)

Индуктивные сопротивления рассчитываются по известным формулам и полученным начальным значением составляющих тока якоря, а ударный ток определяем согласно стандарту ГОСТ 10169-77 для момента времени $t = 0,01 \text{ с}$.

Оценка погрешности приближения идентифицированного всего переходного процесса к опытным данным. Оценка погрешности приближения $\bar{\Delta}_K$ в узлах дискретизации ПП расчетной модели (переходной,

сверхпереходной составляющих и оптимизированного установившегося значения) тока якоря к опытным данным переходного процесса без первой вершины определена по выражению [2]:

$$\bar{\Delta}_K = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [i_{o.мод}(\Delta t_k) - i_{o.оп}(\Delta t_k)]^2}, \quad (21)$$

где $i_{o.мод}(t_k) = 2\tilde{I}_0'' \cdot e^{-\frac{t_k}{\tau_{эф}''}} + 2\tilde{I}_0' \cdot e^{-\frac{t_k}{\tilde{\tau}_{эф}'}} + (2I_\infty)_{опт}$ – дискретная модель переходного процесса, рассчитанная в узлах дискретизации по идентифицированным параметрам (столбец 8 (см. табл. 1); $K = 103$ без первого узла).

Среднеквадратичная погрешность приближения $\bar{\Delta}_{103} = 26,9$ А занесена в столбец 2 табл. 2. Погрешность приближения по методике стандарта превышает полученную ВСМ примерно в 4 раза (столбец 3, см. табл. 2). Результаты исследования и идентификации представлены в табл. 2 и на рис. 2.

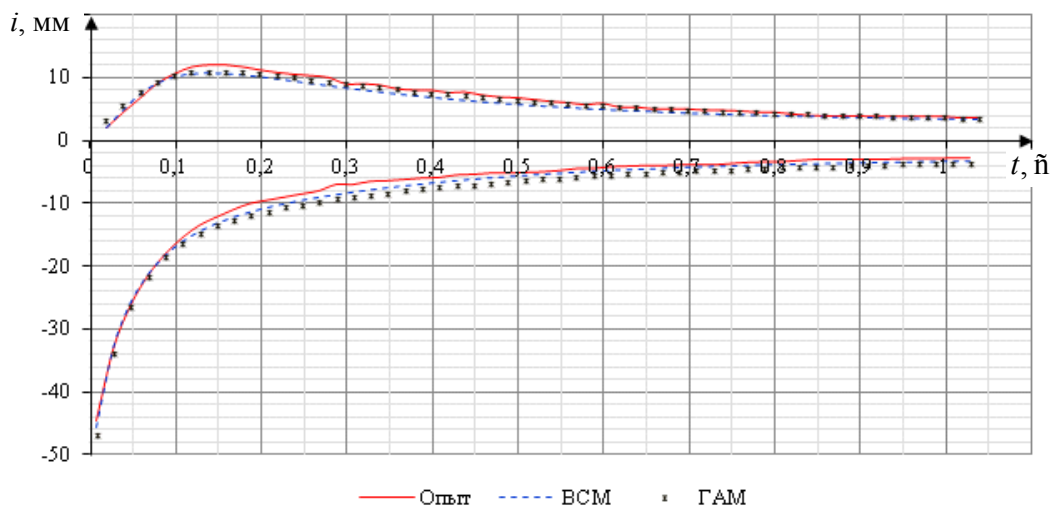


Рис. 2. Дискретные огибающие переходного процесса с частотой 100 Гц

Возможности ВСМ. Первый элемент ПП, рассчитанный по формуле (2) (столбец 4, см. табл. 1) и уточненный с помощью модели в ВСМ, с учетом коррекции сдвига первых нескольких вершин в начале ПП обеспечил снижение погрешности приближения в сравнении с ГАМ в стандартах. Другие возможности ВСМ идентификации в данной статье не рассматриваются.

Заключение.

Методы в стандартах на испытание СМ из-за отсутствия способности к варьированию важнейшей величин и учета влияния случайных факторов на ПП не дают их точной копии.

Вероятностно-статистические методы позволяют осуществлять исследования и идентификацию ПП мощных СМ с высокой точностью и достоверностью с учетом влияния на ПП различных случайных факторов.

Библиографический список

1. ГОСТ 10169–77. Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.
2. Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. Вероятностно-статистические методы исследования переходных процессов мощных синхронных машин // Электротехника. – 2010. – № 8 – С. 22–29.
3. Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. Модернизация вероятностно-статистических методов исследования переходных процессов мощных синхронных машин // Электротехника. – 2010. – № 6 – С. 20–26.
4. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин. – Л.: Энергоатомиздат, 1984.

Секция 2
НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И СИСТЕМЫ

АЛГОРИТМ ПОИСКА МАКСИМАЛЬНОГО ОБЩЕГО ПОДГРАФА ДВУХ ГРАФОВ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ В РАМКАХ СИСТЕМЫ *VISUAL GRAPH*

Аспирант Т.А. Золотухин

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, профессор *В.Н. Касьянов*
Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

Представлена информация об алгоритме поиска максимального общего подграфа двух графов, о его реализации в рамках системы *Visual Graph*, а также о самой системе *Visual Graph* и ее области применения.

Ключевые слова: атрибутированные иерархические графы; визуализация графов; средства навигации по графам; алгоритм поиска максимального общего подграфа двух графов.

SEARCH ALGORITHM OF MAXIMUM COMMON SUBGRAPH OF TWO GRAPHS IN VISUAL GRAPH SYSTEM

Graduate Student T.A. Zolotuhin

Scientific adviser – Doctor of Physic-Mathematical Science,
Professor *V.N. Kasyanov*
Institute of Informatics Systems. A.P. Yershov Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Novosibirsk

The article presents information about search algorithm of maximum common subgraph of two graphs, its implementation in Visual Graph system, as well as about the system and its field of application.

Keywords: attributed hierarchical graphs; graph visualization; graph navigation; search algorithm of maximum common subgraph of two graphs.

Визуализация информации играет большую роль в жизни человека. Считается, что около 90 % всей информации человек получает за счет зрения. Человечество за тысячи лет преодолело путь от простейшей визуализации в виде наскальных рисунков до карт, схем и диаграмм. В настоящее время визуализация – неотъемлемый элемент обработки сложной информации о строении объектов.

С другой стороны, многие структуры данных, представляющие практический интерес в математике и информатике, могут быть представлены в виде графов. Одним из основных классов являются иерархические и/или атрибутированные графы (далее – графовые модели) [1, 2].

Преимущества графов во многих случаях становятся ощутимыми только при наличии хороших инструментов их визуализации и обработки. Поэтому в настоящее время в мире происходит значительный рост интереса к методам и средствам визуализации графов, о чем свидетельствует рост публикаций, содержащих описание новых алгоритмов и способов визуализации графов, а также их реализации в системах [3, 4].

Главный принцип визуализации информации – один рисунок может заменить тысячу слов.

В данной статье будет рассмотрен алгоритм поиска максимального общего подграфа двух графов, его реализация в рамках системы *Visual Graph*, а также будет сказано несколько слов о самой системе *Visual Graph* [5, 8] и ее области применения.

Вначале несколько слов о системе *Visual Graph*. Это система кросс-платформенная, расширяемая для визуализации атрибутированных иерархических графов и обладающая удобной навигацией по ним (рис. 1).

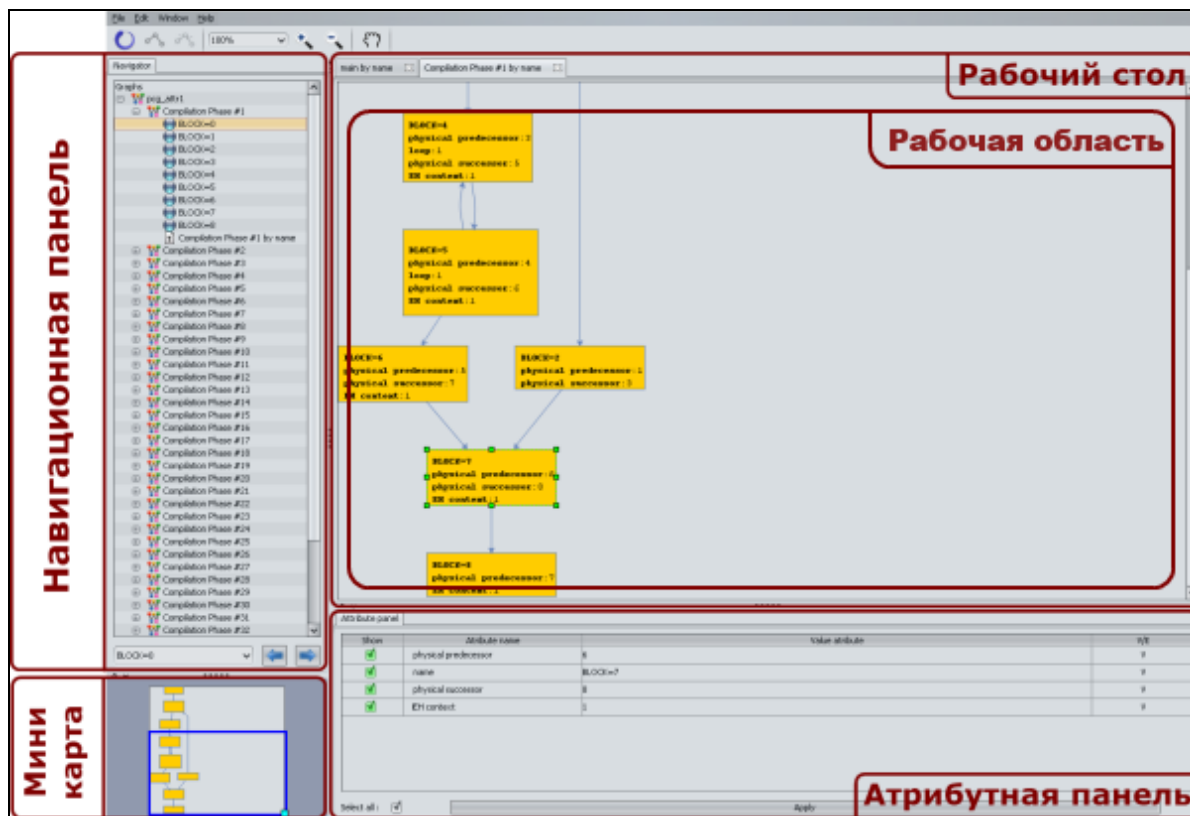


Рис. 1. Пользовательский интерфейс системы *Visual Graph*

Область применения данной системы – это графы, возникающие внутри компилятора. Как правило, это синтаксические деревья, графы потоков управления и графы вызовов.

Задача нахождения максимального общего подграфа двух графов возникает, когда пользователь хочет найти разницу в поведении одного и того же компилятора, но разных версий (условно первой и второй версии). Эту разницу можно увидеть благодаря графам, возникающим внутри компилятора в момент компиляции. В частности, благодаря им можно узнать, какие оптимизации были сделаны или не сделаны компилятором второй версии в отличие от компилятора первой версии.

При небольших графах (порядка 5 вершин) пользователь может постараться решить эту задачу, не прибегая к дополнительному инструментарию. Но стоит увеличить количество вершин до 15–20, и эта задача уже не будет тривиальной. Поэтому было принято решение о разработке алгоритма для поиска максимального общего подграфа двух графов, а также о реализации его в рамках системы *Visual Graph*.

Алгоритм поиска максимального общего подграфа двух графов. Поиск максимального общего подграфа двух графов принадлежит классу NP и решается полным перебором с применением эвристик для уменьшения числа вариантов для перебора. Предлагаемый алгоритм идет по тому же пути и работает следующим образом:

1) на вход принимаются два атрибутированных (возможно, и без атрибутов) графа, а также дополнительная информация о весе того или иного атрибута для вершин и ребер;

2) строится двудольный граф, вершинами, которого являются вершины первого и второго графа (первая доля и вторая доля соответственно). Далее от каждой вершины одной доли проводится ребро к вершине другой доли с весом, равным проценту совпадения этих двух вершин (от нуля до единицы соответственно), где нуль означает кардинальное несовпадение вершин, а единица, соответственно, наоборот – их полное совпадение;

3) к полученному двудольному графу применяется венгерский алгоритм решения задачи о назначениях для получения максимального паросочетания максимального веса [6, 7]. Очевидно, что такое паросочетание может быть не в единственном числе и далее остается перебрать все эти варианты;

4) на выходе получаем максимальный общий подграф двух входных графов, а также не вышедшие в него вершины и ребра первого и второго графа соответственно.

Несмотря на то, что в конце алгоритм сводится к перебору, данная эвристика позволяет отсеять большое количество неверных решений, тем самым уменьшив общее время работы алгоритма. Происходит это главным образом за счет того, что графы, с которыми работает пользователь в системе *Visual Graph*, в большинстве своем атрибутированы, и пользователю разрешено выставлять вес того или иного атрибута, который будет использован при подсчете веса ребра в двудольном графе.

Реализация алгоритма поиска максимального подграфа двух графов. Прежде чем перейти к непосредственной реализации алгоритма в системе *Visual Graph*, необходимо кратко описать основные инструменты, которые данная система предоставляет пользователю (см. рис. 1):

1) рабочий стол – инструмент, который состоит из набора вкладок, которые открывает пользователь для визуализации выбранной части графовой модели. Каждая вкладка состоит из рабочей и нерабочей области. Рабочая область – это область, которую пользователь видит непосредственно в данный момент и в которой визуализируются вершины и ребра графа, а также атрибуты и их значения, связанные с этими вершинами и ребрами. Нерабочая область – область, которую пользователь не видит, но может туда попасть, используя скроллинг;

2) миникарта для графа, находящегося в текущей вкладке;

3) навигатор – инструмент, визуализирующий графы, с которыми работает пользователь, в виде дерева;

4) атрибутная панель, позволяющая выбрать атрибуты, которые будут визуализироваться в выбранных пользователем элементах графа в рабочей области;

Теперь перейдем к непосредственной реализации алгоритма в рамках системы *Visual Graph*.

Как было изложено выше, на входе даны два графа, для которых пользователь хочет найти максимальный подграф (рис. 2).

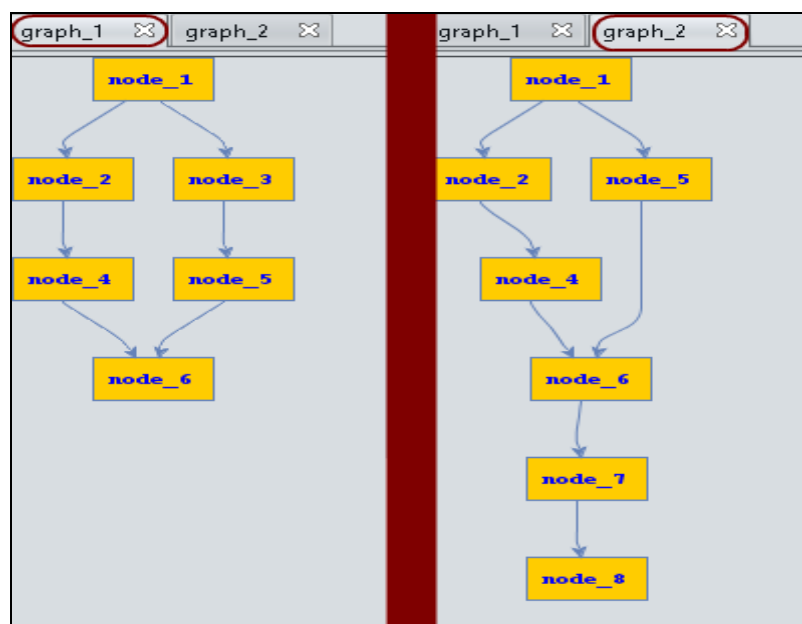


Рис. 2. Пример исходных графов

В системе *Visual Graph* пользователь может сделать это двумя способами:

1) выделить два графа в навигаторе и в контекстном меню вызвать функцию сравнения двух графов;

2) выделить две вершины в текущей вкладке на рабочем столе, которые содержат внутренний граф, и в контекстном меню вызвать функцию сравнения двух графов.

После чего на рабочем столе будет открыта новая вкладка, которая будет содержать результат сравнения двух графов (рис. 3).

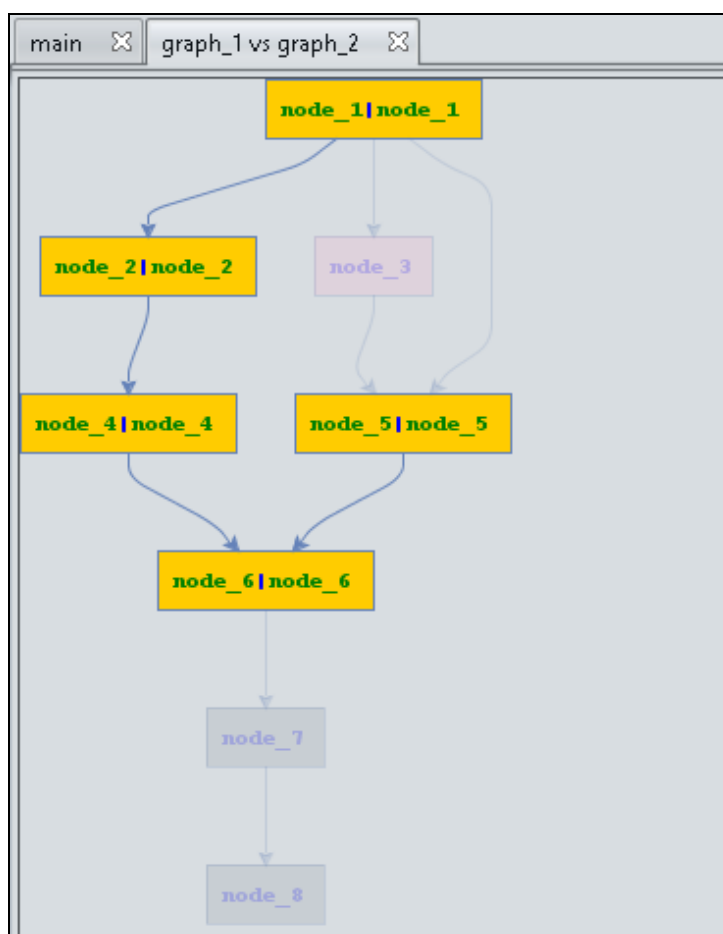


Рис. 3. Вкладка с результатом сравнения двух графов

На рис. 3 выделен максимальный общий подграф двух исходных графов, а полупрозрачными цветами выделены элементы, не вошедшие в него. Красным оттенком выделены не вошедшие вершины первого графа, а синим – второго.

Пользователь имеет возможность изменить веса тех или иных атрибутов, тем самым повлиять на процесс сопоставления вершин (рис. 4).

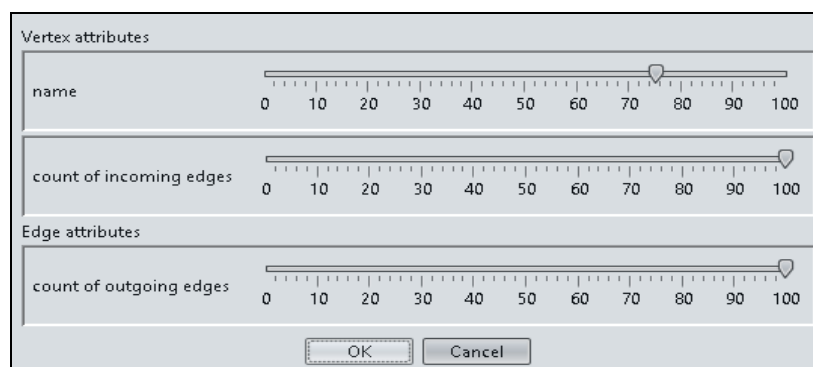


Рис. 4. Меню для изменения весов атрибутов

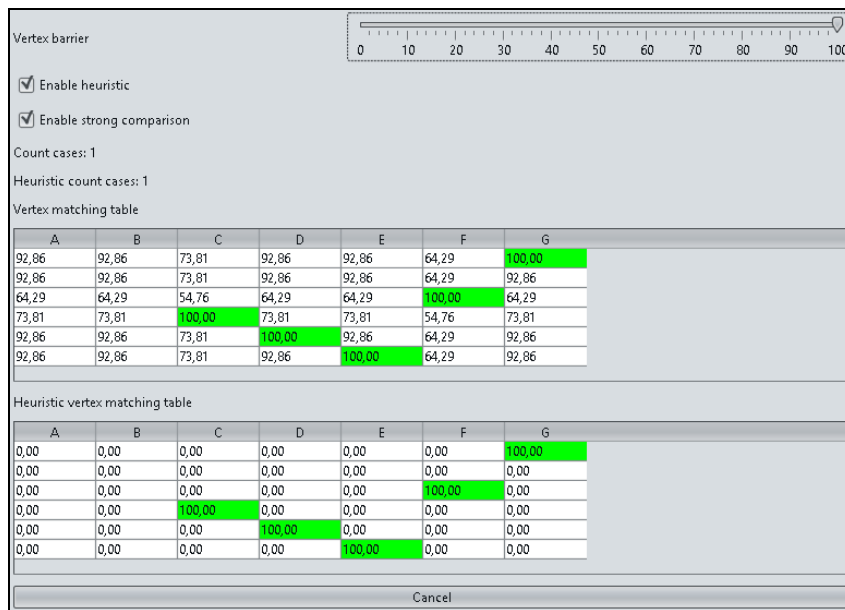


Рис. 5. Меню типа сравнения, процентного барьера, при котором две вершины считаются одинаковыми, а также включение и отключение эвристик

В меню на рис. 5 пользователь имеет возможность выбрать строгое сравнение или мягкое:

- 1) при строгом сравнении значения двух атрибутов считаются одинаковыми только при их полном совпадении;
- 2) при мягком сравнении для сравнения числовых атрибутов используется следующая формула:

$$1 - \frac{|a - b|}{\max(a, b)}, \text{ при условии, что } |a| + |b| > 0, a \geq 0, b \geq 0.$$

Отрицательные a и b несложно привести к нужному виду.

Для сравнения строковых атрибутов используется следующая формула:

$$\frac{(2 * i)}{\text{length1} + \text{length2}},$$

где i – позиция, в которой строки не совпадают или длина строки в случае если строки равны. length1 и length2 – длина первой и второй строки соответственно.

Также в данном меню пользователь может оценить максимальное количество шагов перебора, которое потребуется сделать алгоритму для определения наибольшего общего подграфа с включенной эвристикой и без нее. В текущей реализации перед началом перебора с включенной эвристикой используется венгерский алгоритм. Это дает существенный

прирост, когда пользователь выставляет значение барьера, при котором две вершины считаются одинаковыми ниже 100 %.

Стоит еще отметить, что в любой момент поиска решения пользователь может остановить этот процесс и получить какое-то решение, не обязательно наилучшее.

Заключение. В результате эксплуатации данного инструмента было установлено, что предложенный алгоритм достаточно хорошо справляется с графами, элементы которых содержат достаточно разнородные значения одних и тех же атрибутов, и плохо применим в противном случае. Количество вершин в тестовых графах варьировалось от 10 до 1000.

Библиографический список

1. Касьянов В.Н. Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки // Проблемы систем информатики и программирования. – Новосибирск, 1999. – С. 7–32.

2. Касьянов В.Н., Евстигнеев, В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

3. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Визуализация графов и графовых моделей. – Новосибирск: Сибир. науч. изд-во, 2010.

4. Graph Drawing: Algorithms for Visualization of Graphs / G. Di Battista, P. Eades, R. Tamassia, I.G. Tollis. – Prentice Hall, 1999.

5. Золотухин Т.А. Визуализация графов при помощи программного средства *Visual Graph* // Информатика в науке и образовании. – Новосибирск, 2012. – С. 135–148.

6. Kuhn Harold William. The Hungarian Method for the assignment problem // Naval Research Logistics Quarterly. – 1955. – С. 83–97.

7. Munkres, James. Algorithms for the Assignment and Transportation Problems // Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics. – 1957. – March. – С. 32–38.

8. Домашняя страница проекта VisualGraph. – URL: <https://code.google.com/p/visualgraph> (дата обращения: 28.04.2013)

ПРОГРАММНЫЕ РАСШИРЕНИЯ MEDIAWIKI ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ С ИЗДАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМОЙ TEX

Аспирант А.А. Малышев

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, профессор В.Н. Касьянов
Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

В статье описывается система *Wiki2TeX*, позволяющая получать текстовое представление в формате *TeX* электронной энциклопедии, построенной с использованием *MediaWiki*.

Ключевые слова: *MediaWiki*; *TeX*; преобразование; издательская система; энциклопедия; алгоритм; теория графов; регулярные выражения; GRAPP; WEGA.

MEDIAWIKI SOFTWARE EXTENSIONS FOR INTEGRATION WITH TEX PUBLISHING SYSTEM

Graduate Student A.A. Malishev

Scientific adviser – Doctor of Physic-Mathematical Science,
Professor V.N. Kasyanov

Institute of Informatics Systems. A.P. Yershov Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Novosibirsk

In the article the *Wiki2TeX* system is described. The system allows to convert *MediaWiki*-based encyclopedia to a text representation in the *TeX* format.

Keywords: *MediaWiki*; *TeX*; conversion; publishing system; encyclopedia; algorithm; graph theory; regular expressions; GRAPP; WEGA.

Электронный словарь по графам в информатике *WikiGRAPP* [11] и электронная энциклопедия графовых алгоритмов WEGA [12], создаваемые в лаборатории конструирования и оптимизации программ ИСИ СО РАН на базе книг [3, 4, 5, 6] с использованием системы *MediaWiki* [8], являются крупными и постоянно пополняемыми энциклопедиями по прикладной теории графов. Нередко авторы статей могут предпочесть иметь более универсальный вид результатов своей работы – в данном случае может потребоваться получить подготовленные статьи в формате *TeX* [10]. Это может пригодиться, если автор пожелает опубликовать свои статьи или всю энциклопедию в печатном виде, так как нередко единственным принимаемым к публикации форматом математических публикаций является именно формат *TeX*.

В данной статье описывается система *Wiki2TeX* [7], способная по представленному сценарию на языке *Python* [2, 14] (далее – просто «сценарий») и доступу к базе данных и файловому хранилищу системы *MediaWiki* построить один или несколько *TeX*-файлов, являющихся печатной версией энциклопедии, представленной в *MediaWiki*. Ориентировочной формой получаемого *TeX*-варианта построенной энциклопедии является словарь [4].

Система обеспечивает преобразование языка статей *MediaWiki* в язык *TeX*. Также осуществляются автоматическое составление категорий статей энциклопедии, извлечение самых последних версий всех статей и исправление некоторых синтаксических конструкций, допускаемых системой *MediaWiki*, но являющихся ошибками для системы *TeX*.

Отметим, что аналогичная задача конвертации решена в энциклопедии *Wikipedia* [13], однако в ней строится pdf-представление и нет возможности получать тексты статей в формате *TeX*. Тем более нет возможности получать полный печатный образец в требуемой форме [4]. Статьи необходимо собирать вручную.

Система *Wiki2TeX*

Система рассчитана на двух типов пользователей – пользователь, желающий получить пригодную к печати версию статьи энциклопедии либо всей энциклопедии и разработчик методов конвертирования. Первому необходимо предоставить доступ к MySQL-серверу системы *MediaWiki*, а также к ее файловому хранилищу, второй занимается разработкой метода конвертирования.

Система состоит из трех программ: *DumpArticles*, *BuildBook* и *Post-Process*.

Программа *DumpArticles* предназначена для извлечения исходных текстов статей из базы данных *MediaWiki* и сопутствующих составляющих, таких, например, как изображения. В качестве параметров командной строки программа принимает адрес сервера, имя базы данных (обычно это «wikidb») и пароль. Результатом работы программы являются файлы в директории, содержащие тексты статей, а также файлы, содержащие разметочную информацию (лексикографический порядок статей, список категорий и иные связи).

Для использования утилиты необходимо выполнить в операционной системе команду «*DumpArticles hostaddress pass (port)*», где *hostaddress* – IP адрес MySQL сервера *MediaWiki*, *pass* – пароль пользователя сервера с привилегиями, допускающими чтение, *(port)* – выборочный параметр, задающий порт доступа к *MySQL*, если он не указан, используется порт по умолчанию (3306).

Программа *BuildBook* предназначена для построения из данных, подготовленных программой *DumpArticles*, одного или нескольких *TeX*-файлов. Программа использует механизм регулярных выражений, предоставляемых встраиваемой исполнительной средой языка *Python* для преобразования формата *MediaWiki* в формат *TeX*. Программа также легко настраивается за счет модификации сценария преобразования и способна

обнаруживать и исправлять некоторые ошибки в исходных текстах статей. Для использования утилиты необходимо выполнить в операционной системе команду «*BuildBook resultfile*», где *resultfile* – имя файла, в котором предполагается хранить результат преобразования. Выходной файл имеет формат *.TeX*. Предполагается, что до этого была вызвана утилита *DumpArticles*, и уже имеются результаты ее работы в той же директории.

Программа *PostProcess* предназначена для окончательной обработки документа (документов). Такая обработка включает опциональное конвертирование из кодировки UTF-8, используемой *MediaWiki*, в *ANSI*, если это требуется (например, из-за ограничений программы – текстового редактора или имеющейся комплектации системы TeX). Также может быть выполнена более детальная проверка ошибок, таких, например, как нейтрализация символов (принудительное указание на то, что символ не является служебным помещением символа обратной косой черты перед символом). Для использования утилиты необходимо выполнить в операционной системе команду «*PostProcess resultfile*», где *resultfile* – имя файла, к которому требуется применить окончательную обработку. Выходной файл имеет формат *.TeX*.

Таким образом, последовательное выполнение данных утилит выдаст в качестве результата готовый TeX-файл, который, при отсутствии ошибок в исходном состоянии статей энциклопедии может сразу же быть преобразован в печатный образец в виде pdf- или DVI-файла.

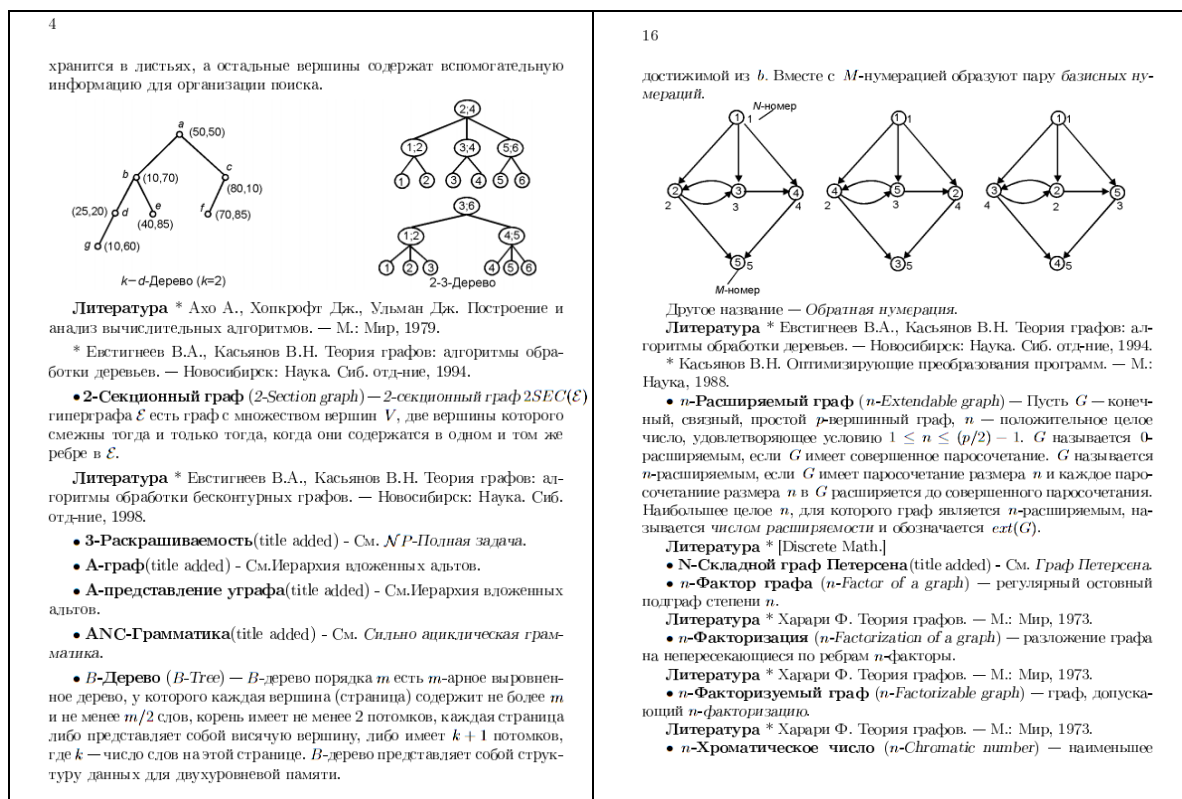


Рис. 1. Пример результатов работы системы

В приведенных на рис. 1 примерах страниц, полученных в результате работы системы, есть служебная информация (в данном случае текст «title added» в заголовках статей, означающий, что в исходном варианте статьи заголовков отсутствовал).

Структура системы

На рис. 2 показана общая структура системы *Wiki2TeX*.

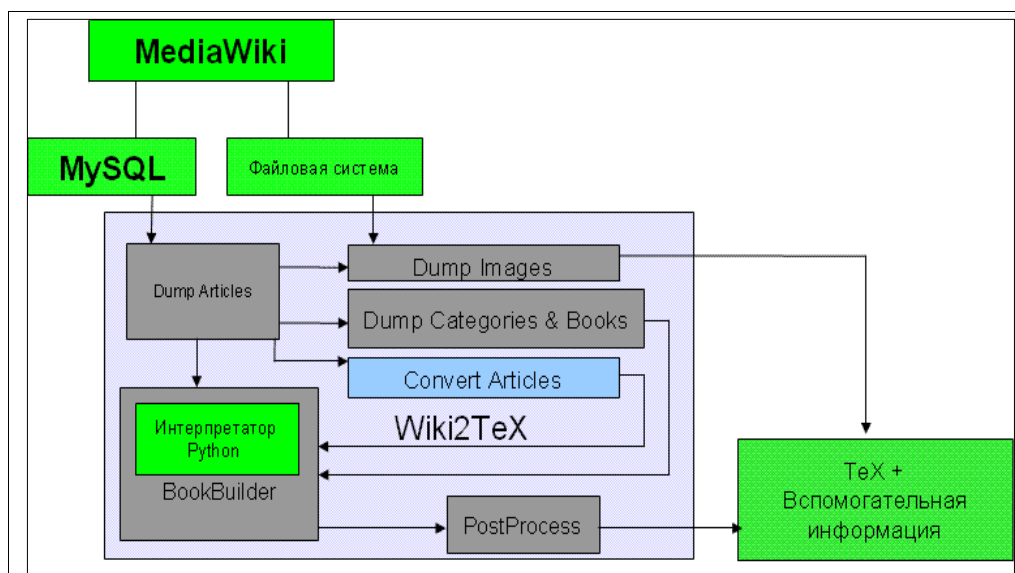


Рис. 2. Общая структура системы

Система состоит из трех утилит. Отсутствие прямых вызовов API-функций какой-либо конкретной операционной системы позволяет использовать ее как в ОС семейств *Windows*, так и *Linux*. Все утилиты являются консольными и предназначены для конвейерного преобразования статей *MediaWiki* в формат *TeX*.

В системе *MediaWiki* исходные тексты статей хранятся в базе данных MySQL [9], как правило, в базе данных с именем *wikidb*. Изображения, используемые в статьях, хранятся непосредственно в файловой системе. Программная часть *MediaWiki* реализована на языке PHP.

Структура БД достаточно сложна для приведения ее в этой работе целиком, поэтому приводятся ее важные для этой работы части.

Рассмотрим подробнее хранение исходных текстов статей. В *MediaWiki* хранятся несколько версий каждой статьи, что призвано сохранить всю историю правок каждой статьи, все эти тексты неупорядоченно хранятся в таблице *mw_text*, сами тексты располагаются в столбце *old_text*, каждая статья имеет идентификатор в столбце *old_id*, в поле *flags* обозначается, сжат ли текст, и его кодировка. Информация о версиях статей хранится в таблице *mw_revision*, информация об именах статей –

в *mw_page*, в ней же указана информация о последней версии статьи – в поле *page_latest*.

Информация об изображениях хранится в таблице *mw_image* и включает данные о размерах, разрядности цвета, имени файла, имени загрузившего пользователя и пр. Также информация о разных версиях изображений хранится в таблице *old_image*. Сами изображения хранятся в файловой системе, как правило, на сервере *MediaWiki*, также хранятся предварительно подготовленные миниатюры изображений и версии с разным разрешением, также можно хранить несколько версий каждого изображения.

Имена таблиц и состав баз данных могут немного отличаться в разных энциклопедиях, сделанных по технологии *MediaWiki*, здесь приведены имена, используемые в *WikiGRAPP* и *WEGA*.

Работа системы *Wiki2Tex* начинается с запуска программы *DumpArticles*, которая извлекает исходную информацию из *MediaWiki*. Тексты в *MediaWiki* хранятся в базе данных (в случае *WikiGRAPP*, это *wikidb*) в таблице *mw_text* в столбце *old_text*. Идентификатором каждой статьи служит число из столбца *old_id*.

Так как *MediaWiki* хранит множество версий статей, необходимо извлечь наиболее актуальные версии. Наиболее актуальными выбраны самые поздние (с точки зрения хронологии правок) версии статей. Тексты извлекаются непосредственно из базы данных, что значительно ускоряет работу по сравнению с применением промежуточных библиотек высокоуровневого доступа.

Также, некоторые тексты сжаты алгоритмом *deflate* (комбинация алгоритма *LZ77* и алгоритма Хаффмана), что обозначается в поле *flags* таблицы *mw_text* тегом «*gzip*», программа проверяет это и распаковывает текст.

Далее программа извлекает имена выбранных статей (информация с заголовками, версиями («реvisions») статей хранится в таблице *mw_page*).

Данные имена используются как для построения лексикографического порядка, так и для дополнения статьи названием, если оно там отсутствовало (отсутствие названия статьи определяется программой, исходя из определенного стиля оформления статей *WikiGRAPP*). Лексикографический порядок строится по следующему принципу: если в названии сравниваемых при сортировке (имеется в виду функция *strcmp*, являющаяся, как правило, одним из аргументов процедуры (или функции) сортировки) статей присутствуют кириллические символы, то сравнение происходит,

начиная с первых вхождений кириллических символов, руководствуясь алфавитным порядком. В случае если в одном из названий нет кириллических символов, она получает более позднюю позицию в лексикографическом порядке. В случае, если кириллических символов нет, названия сравниваются с начала каждого из них. Сортировка выполняется по алгоритму быстрой сортировки (*qsort*).

Полученные данные используются программой *BuildBook*. Данная программа использует набор преобразований документа на основе механизма регулярных выражений *Python* (используется соответствующий встраиваемый интерпретатор). Достаточно широкий набор таких преобразований включает в себя переработку формул в формат *TeX*, перепостроение системы категорий и ссылок между ними, исправление некоторых ошибок (на данный момент не всех, список основан в основном на обнаруженных в текущей версии распространенных опечатках).

В программу встроен интерпретатор *Python*, в который загружается разработанная библиотека (все ее процедуры хранятся в отдельном файле «*init.py*» и могут быть изменены без перекомпиляции системы), состоящая из процедур преобразования текста. Программа передает сценарию, исполняемому во встроенном интерпретаторе, информацию о текстах статей, пользуясь которой он производит конвертирование. Конвертирование происходит путем поочередного применения ко всем статьям, перечисленным в списке, составленном *DumpArticles*, процедуры *Convert* из библиотеки «*init.py*».

Также применяются чуть более сложные преобразования, например, преобразования текста, попадающего под шаблон регулярного выражения, являющегося подстрокой текста, подпадающего под шаблон другого регулярного выражения. Например, нейтрализация символа «*_*» в *http*-ссылках или нейтрализация апострофа, находящегося внутри формул.

Также на этом этапе извлекаются списки литературы и категорий и используемые изображения. Список литературы автоматически составляется на основе всех упоминаний литературы в статьях, повторяющиеся отсылки к литературе, но отличающиеся по формулировке, сравниваются и при успехе сравнения повторное упоминание отбрасывается. Сперва определяется блок текста, содержащий список литературы, затем отдельно разбираются и по необходимости унифицируются отдельные ссылки. Аналогичным способом строится список категорий.

Изображения требуют отдельного внимания, так как система *TeX* выдвигает большие требования, чем *MediaWiki*. Не допускаются больше одной точки в имени файла, кириллица в имени файла и формат *GIF*. Также

MediaWiki хранит множество версий одного и того же изображения. Дочерняя утилита *DumpImages* предназначена для решения этих задач и сбора всех использованных изображений максимального разрешения. Для «устранения» кириллицы и лишних точек используется хеширование имен файлов либо транслитерация на выбор. Для работы с изображениями используется *LibGD* [1].

Утилита *PostProcess* предназначена для пост-обработки полученных документов. Пост-обработка включает в себя смену кодировки, если это требуется, а также поиск с выдачей обнаруженных ошибок и исправление некоторых ошибок, не требующее вмешательства оператора.

1. После загрузки утилита загружает TeX-файл, полученный в результате работы предыдущих двух утилит, и преобразует кодировку в требуемую. Также при помощи сценария на языке *Python* производится анализ на наличие некоторых распространенных ошибок, которые могли содержаться либо в исходных текстах статей, либо возникнуть после редактирования полученных TeX-файлов вручную. Для этих целей была взята за основу библиотека Реймонда Д. Геттингера (Raymond D. Hettinger) «*texcheck.py*», входящая в стандартную поставку *Python*. Информация об обнаруженных ошибках выводится в консоль и, если требуется, в файл отчета.

2. Также в программу преобразований можно добавить любые произвольные операции над текстом.

Заключение

В статье описана разработанная система *Wiki2TeX*, позволяющая получать текстовое представление в формате *TeX* электронной энциклопедии, построенной с использованием *MediaWiki*. В дальнейшем предполагается развитие самой системы (с точки зрения улучшения качества построенного оригинал-макета, реализации обратного преобразования *TeX* в *MediaWiki* и т.д.), а также ее встраивание в систему *MediaWiki*.

Библиографический список

1. Библиотека работы с файлами изображений *LIBGD*. – URL: <http://www.libgd.org>.
2. Доусон М. Программируем на *Python*. – СПб.: Питер, 2012.
3. Евстигнеев В. А., Касьянов В. Н. Словарь по графам в информатике. – Новосибирск: Сибир. науч. изд-во, 2009.
4. Евстигнеев В. А., Касьянов В. Н. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании. – Новосибирск: Наука, 1999.

5. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

6. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Средства поддержки применения графов в информатике и программировании // Информатика в науке и образовании / ИСИ СО РАН. – Новосибирск, 2012. – С.47–56.

7. Малышев А.А. Расширение возможностей *MediaWiki* по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов // Студент и научно-технический прогресс: Информационные технологии: материалы 51-й Международ. науч. студен. конф. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2013. – 184 с.

8. Система Media Wiki. – URL: <http://www.mediawiki.org/>

9. Система MySQL. – URL: <http://www.mysql.com/>

10. Система TeX. – URL: <http://tug.com>

11. Система WEGA. – URL: <http://www.pco.is.nsk.su/WEGA/>

12. Система WikiGRAPP. – URL: <http://www.pco.iis.nsk.su/wikigrapp/>

13. Система Wikipedia. – URL: <http://wikipedia.org>

14. Язык программирования Python. – URL: <http://www.python.org>

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ РЕШЕНИЯ NP-ТРУДНЫХ ЗАДАЧ

Магистрант гр. АСМ-12 П.В. Матренин

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *В.Г. Секаев*
Новосибирский государственный технический университет

Предлагается новый подход к исследованию и реализации алгоритма роя частиц на основе эволюционной адаптации параметров алгоритма к условиям каждой конкретной решаемой задачи. Предложенный подход применен для решения задач календарного планирования, проведено сравнение полученных результатов с решениями других авторов.

Ключевые слова: роевой интеллект; адаптация; алгоритм роя частиц; генетический алгоритм; календарное планирование.

ADAPTIVE PARTICLE SWARM ALGORITHM FOR NP-HARD PROBLEMS

Master student of group ASM-12 P.V. Matrenin

Scientific adviser – docent, PhD *V.G. Sekaev*
Novosibirsk State Technical University

This paper proposes a new approach to the study and implementation for Particle Swarm Optimization. The approach based on the evolutionary adaptation of the algorithm parameters to the each task's conditions. The proposed approach was applied to the job-shop scheduling problem, the results were compared with the decisions of others authors.

Keywords: swarm intelligence, adaptation, Particle Swarm Optimization, Genetic algorithm, job-shop scheduling.

Среди наиболее актуальных задач, которые относятся к классу NP-трудных, находятся задачи календарного планирования. Сложность задач планирования вместе с постоянным совершенствованием средств автоматизации привели к развитию интереса к теории расписаний и календарному планированию. Эти задачи особенно важны в промышленном производстве, строительстве, при составлении расписаний образовательных и медицинских учреждений и управлении проектами.

Постановка задачи. Несмотря на разнообразие производственных систем, формализованное описание задачи календарного планирования (job-shop problem), представленное в [1] и использованное в данной работе, может считаться базовым для большого класса многостадийных систем. Имеются конечное множество работ (требований, деталей, партий) и конечное множество приборов (станков, исполнителей). Процесс обслуживания работы включает несколько стадий, каждая из которых выполняется на определенном приборе за определенное время. Обычно предполагается, что каждый прибор одновременно может обслуживать не более одного требования.

Процесс функционирования системы может быть описан путем задания календарного плана как некоторой совокупности указаний того, какие именно работы и какими приборами обслуживаются в каждый момент времени. Наилучшим считается расписание, выполнение работ по которому произойдет за самое короткое время.

Методы решения. Существует несколько классов методов решения таких задач. Метод полного перебора всех вариантов теоретически позволяет найти точное решение, но не используется, так как требует больших затрат времени даже для задач небольшой размерности при использовании мощных вычислительных систем. Сложность алгоритма полного перебора для задачи с n требованиями и m приборами, если каждое требование содержит m этапов в различных последовательностях, составляет $O((n!)^m)$.

Методы направленного перебора, например ветвей и границ, применимы только для некоторых частных случаев, например, когда все технологические маршруты одинаковы или используется не более двух станков [1].

Поэтому используются различные эвристические, приближенные методы. Очень эффективными являются методы, основанные на механизмах, которые используются в природе, например, генетические алгоритмы, нейронные сети, роевой интеллект, и обеспечивают эффективную адаптацию живых существ к окружающей среде на протяжении миллионов лет. Именно на этих методах основан предложенный в данной работе адаптивный алгоритм роевого интеллекта.

Концепция роевого интеллекта является перспективным направлением исследований как теоретического, так и практического характера. Эффективность алгоритмов роевого интеллекта сильно зависит от выбора их параметров, коэффициентов эвристики [2, 3].

Концепция роевого интеллекта. Концепция роевого интеллекта возникла в 1989 г. [4] и основана на коллективном поведении децентрализованных самоорганизующихся систем. Такие системы состоят из множества простых агентов, локально взаимодействующих друг с другом и с внешней средой для достижения predetermined цели.

Взаимодействие агентов позволяет достичь синергического эффекта и успешно решать очень сложные задачи. В качестве примера таких систем из природы можно привести колонию муравьев, пчелиный рой, стаю птиц, косяк рыб. Каждая из перечисленных систем характеризуется относительно простым поведением отдельных элементов и возникающим сложным интеллектуальным общим поведением.

Как уже было отмечено, важным свойством всех методов роевого интеллекта является зависимость их эффективности от используемых коэффициентов. Поскольку коэффициенты могут принимать бесконечное число значений из некоторого диапазона, постольку встает вопрос о способе их подбора. Целесообразно применить для этого генетический алгоритм, действуя по аналогии с природой, использующей эволюцию для естественного отбора. На данный момент предложенный подход реализован и исследован для методов колонии муравьев [3] и роя частиц.

Метод роя частиц. Метод роя частиц был изначально разработан для моделирования социального поведения и основан на поведении стай птиц [2]. В 1995 г. Дж. Кеннеди и Р. Эберхарт предложили этот метод для оптимизации.

Основная идея метода заключается в перемещении частиц в пространстве решений. Пусть решается задача нахождения минимума (максимума) функции вида $f(X)$, где X – вектор варьируемых параметров, которые могут принимать значения из некоторой области D . Тогда каждая частица в каждый момент времени характеризуется значением параметров X из области D (координатами точки в пространстве решений) и значением оптимизируемой функции $f(X)$. При этом частица «помнит» наилучшую точку в пространстве решений, в которой была, и стремится в нее вернуться. В качестве связи между частицами используется так называемая общая память (каждая частица знает координаты наилучшей точки среди всех, в которых была любая частица роя). Кроме того, на движение частицы влияют инерционность и случайные отклонения.

Классический алгоритм использует только 3 коэффициента: α_1 , α_2 и ω . При этом используются следующие формулы:

$$V_{ij+1} = V_{ij}\omega + \alpha_1(P_{ij} - X_{ij})r_1 + \alpha_2(G - X_{ij})r_2, \quad X_{ij+1} = X_{ij} + V_{ij+1},$$

где V_{ij} – скорость i -й частицы на j -й итерации алгоритма, P_{ij} – координаты наилучшей точки в пространстве решений, в которой была i -я частицы от первой до j -й итерациях алгоритма, X_{ij} – координаты позиции i -й частицы на j -й итерации алгоритма, G – координаты наилучшей точки, которая была найдена роем на момент j -й итерации, r_1 и r_2 – случайные числа, равномерно распределенные в интервале $[0,1)$. Коэффициенты α_1 и α_2 определяют значимость для частицы своего лучшего положения и лучшего среди всего роя положения. Коэффициент ω характеризует инерционные свойства частиц.

Разработанный метод адаптации. В работе для реализации подбора параметров использован генетический алгоритм как надстройка над алгоритмом роевого интеллекта, в данном случае над алгоритмом роя частиц.

Предложенный алгоритм для муравьиной колонии изложен в [3], для других алгоритмов, в том числе и роя частиц, различие будет лишь в количестве коэффициентов и области их допустимых значений. Схема работы может быть описана следующим образом.

Решение прикладной задачи оптимизации выполняется каким-либо алгоритмом роевого интеллекта, генетический алгоритм используется как надстройка, проводящая подбор параметров. В качестве генов используются параметры алгоритма, качество полученных на этом наборе коэффициентов решения принимается за значение функции приспособленности. Лучшие наборы коэффициентов отбираются для следующих итераций, проходят скрещивание и мутацию, таким образом и достигается адаптация к каждой решаемой в данный момент задаче. Процесс выполняется до тех пор, пока не будет достигнут критерий остановки.

Предложенный метод отличается большой гибкостью. Из приведенной выше схемы можно заметить, что он не зависит ни от вида задачи оптимизации, ни от выбора алгоритма роевого интеллекта и его реализации, что выделяет его среди других способов подбора коэффициентов.

Результаты исследования. Для исследования эффективности предложенного метода применялись всемирно распространенные тестовые задачи [5,6,7] и производственная задача обработки станочных плит [8]. Далее приведены результаты по некоторым из них. В табл. 1 приводится сравнение результатов, полученных алгоритмом роя частиц без адаптации и с адаптацией.

Таблица 1

Повышение эффективности при адаптации коэффициентов
метода роя частиц

Задача	Размерность			Результат без адаптации		Результат с адаптацией	Число частиц	Число итераций
	n	m	l_{\max}	Средний	Лучший			
abz6	10	10	10	1003,6	951	943	100	100
ft06	5	5	5		55	55	10	5
ft10	10	10	10	992,1	937	937	300	300
la01	10	5	5	690,97	666	666	100	20
la10	15	5	5	963,47	958	958	10	5
la15	20	5	5	1267,63	1217	1207	50	50
la17	10	10	10	815,1	794	784	100	100
la21	15	10	10	1143,17	1091	1085	500	500
3plity	3	6	22	681,24	659,5	657,55	50	10

Примечание. В табл. 1 введены следующие обозначения: n – количество требований (работ); m – количество приборов (станков); l_{\max} – максимальное количество этапов среди всех требований.

В тестовых задачах считается, что все длительности заданы в условных временных единицах, но задача «3plity» [8] является реальной, в которой все длительности измерялись в часах. Поэтому для определенности будет полагать, что все указанные в таблицах результаты показывают длительности полученных планов в часах.

Из табл. 1 видно, что планы, полученные с адаптацией, значительно эффективнее не только средних, но даже и лучших результатов, полученных при ручном подборе коэффициентов. Аналогичные результаты зафиксированы и для метода роя частиц. Кроме повышения качества решений значительно снижаются и трудозатраты на их получение, так как отпадает необходимость подбирать коэффициенты вручную. Это особенно важно для задач исследования и сравнения различных методов.

В [9] приводятся наилучшие результаты по задачам [5, 6, 7], которые были получены различными авторами при использовании различных методов. Сравнение показало, что по многим задачам полученные в данной работе результаты оказались такими же. По некоторым тестовым задачам они хуже, но наибольшее относительное отклонение не более 3 %. Сравнение по некоторым задачам приведено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение результатов с наилучшими известными

Задача	Адаптивный метод роя частиц	Лучший известный в мире результат
abz6	943	943
ft06	55	55
ft10	937	930
la01	666	666
la10	958	958
la15	1207	1207
la17	784	784
la21	1073	1048
3plity	657,55	657,55

Заключение:

1. Использование эволюционной адаптации параметров алгоритма роя частиц повышает его эффективность, упрощает исследование, позволяет реализовать настройку алгоритма под решаемую задачу.

2. Реализация адаптации возможна с использованием генетического алгоритма по аналогии с механизмами эволюционного отбора в природе.

3. Предложенный подход позволяет получать календарные планы с эффективностью, близкой к наилучшим из существующих методов.

Библиографический список

1. Танаев В.С., Сотсков Ю.И., Струсевич В.А. Теория расписаний. Многостадийные системы. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1989. – 328 с.
2. Kennedy J., Eberhart R.C. Particle Swarm Optimization // Proc. of IEEE International Conference on Neural Network, Piscataway. – NJ, 1995. – P. 1942–1948.
3. Матренин П.В. Секаев В.Г. Оптимизация адаптивного алгоритма муравьиной колонии на примере задачи календарного планирования // Программная инженерия. – 2013. – № 4. – С. 34–40.
4. Beni, G., Wang, J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems. – Tuscany, Italy, 1989, June 26–30.
5. Adams J., Balas E., Zawack D. The shifting bottleneck procedure for job shop scheduling// Management Science. – 1991. – № 34. – P. 391–401.
6. Fisher H., Thompson G. Probabilistic learning combination of local job-shop scheduling rules, in Industrial Scheduling. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. – N.J., 1963.
7. Lawrence S. Supplement to «resource constrained project scheduling: an experimental investigation of heuristic scheduling techniques» // Tech. rep., GSIA. – Carnegie Mellon University. – October 1984.
8. Секаев В.Г. Использование алгоритмов комбинирования эвристик при построении оптимальных расписаний // Информационные технологии. – 2009. – №10. – С. 61–64.
9. Pezzella F., Merelli E. A tabu search method guided by shifting bottleneck for the job shop scheduling problem // European Journal of Operational Research. – 2000. – № 120. – P 297–310.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Студентка гр. ПИ-519 К.В. Кравченко

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *В.И. Стариков*
Омский государственный технический университет

Данная статья посвящена рассмотрению современных систем имитационного моделирования, ориентированных на решение конкретных проблем в различных областях. Описаны популярные на сегодняшний день пакеты прикладных программ по имитационному моделированию: *Arena* и *AnyLogic*. Проведено сравнение свойств этих систем, выявлены их основные сходства и различия.

Ключевые слова: имитационное моделирование, системы моделирования, пакет *Arena*, пакет *AnyLogic*.

FEATURES OF MODERN SIMULATION SYSTEMS

Student of group PI-519 K.V. Kravchenko

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *V.I. Starikov*
Omsk State Technical University

This article is devoted to the modern systems of simulation modeling, aimed at solving specific problems of different areas. Described popular today software packages on imitation modeling: *Arena* and *AnyLogic*. A comparison of the properties of these systems, identified their main similarities and differences.

Keywords: simulation system modeling package *Arena*, package *AnyLogic*.

Имитационное моделирование на сегодняшний день является достаточно мощным и развивающимся инструментом построения и дальнейшего исследования различных экономических процессов. Оно позволяет модернизировать системы OLAP (системы поддержки и принятия решений), повышать экономические показатели предприятий и фирм, уменьшать риски и экономить средства. Многие крупные организации применяют программные комплексы, которые дают возможность имитации предметной области, анализа решений и исследования различных изменений в экономической системе. В учебных заведениях создаются программы-имитаторы для осуществления подготовки специалистов в области анализа и принятия решений в определенной ситуации.

К задачам имитационного моделирования можно отнести:

- моделирование процессов, связанных с логистикой;
- управление реализацией инвестиционного проекта;
- прогнозирование финансовых результатов деятельности предприятия;
- анализ адаптации различных информационных систем в современных условиях.

Для осуществления моделирования создается модель, которая в дальнейшем исследуется и анализируется*.

Процесс создания модели проходит определенные стадии. Он начинается с изучения системы, ее структуры и отношений между ее частями, а заканчивается разработкой самой модели. Имитационное моделирование включает в себя этапы разработки концептуальной модели, подготовки исходных данных, выбора инструмента моделирования, разработки программного кода и графической визуализации, проверки и корректировки модели, отладки и анализа эксперимента.

На этапе выбора инструментария моделирования предприятие учитывает все возможности, которые предоставляет данный программный комплекс.

В настоящее время наибольшую популярность у компаний получили такие программные пакеты имитационного моделирования, как *Rockwell Arena* и *AnyLogic*.

Система *Arena* компании *Rockwell Automation* считается лидером на современном рынке продуктов по имитационному моделированию. В основе технологии *Arena* лежит имитационный язык *SIMAN*. К основным областям применения данного продукта относятся производство, логистика, складское хозяйство, вооружение, медицина и другие.

У системы *Arena* достаточно удобный графический интерфейс с набором различных шаблонов моделирования. При создании модели с помощью *Arena* блоки перетаскиваются в окно модели, логически соединяются для обозначения движения объектов в системе. Далее для каждого блока задаются значения параметров. Модель может иметь неограниченное число уровней.

В базовом шаблоне *Arena (Basic Process)* представлены модули, которые дают возможность создавать дискретно-событийные модели: модули потоков входящих сущностей (*create*); модули – выходные точки из модели (*dispose*); модули процессов обработки (*process*); модули принятия решений (*decide*).

Rockwell Arena выпускается лишь для операционной системы *Windows*. *Arena* позволяет организовать вывод на экран двухмерной и трехмерной анимации, а также поддерживает графику в виде гисто-

* Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебно-практ. пособие. – М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008. – 228 с.

грамм и графиков временной зависимости. Число потоков случайных чисел не ограничено. Пользователь может применять различные стандартные распределения вероятностей, а также эмпирические распределения. С помощью *Arena* возможно выполнение функционально-стоимостного анализа. Благодаря этому учитываются различного рода затраты, создаются текущие отчеты.

AnyLogic является программным средством для имитационного моделирования сложных экономических систем и процессов, которое было разработано компанией *XJ Technologies*. Инструмент моделирования получил название *AnyLogic*, поскольку поддерживал все известные методы моделирования: системную динамику, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование.

Графическая среда *AnyLogic* построена по тем же принципам, что и *Rockwell Arena*. Блоки располагаются в палитрах. Для создания модели, подобно *Arena*, блоки переносятся в область проектирования и соединяют. Изменить параметры модулей можно, если выделить их и изменить параметры, используя панель свойств.

В *AnyLogic* поддерживается иерархическое моделирование, создание собственных модулей и объединение их в специальные библиотеки.

Язык, лежащий в основе *AnyLogic*, – *Java*. Данное инструментальное средство базируется на платформе *Eclipse* – среде разработки модульных приложений. Благодаря *Eclipse AnyLogic* поддерживается всеми распространенными операционными системами.

В редакторе *AnyLogic* возможна разработка анимации. Анимация может иллюстрировать как весь процесс производства, так и выполнение конкретной операции.

В *AnyLogic* пользователю доступно больше стандартных теоретических распределений, чем в *Arena*. Для генерации отчетов отведена специальная палитра «Статистика», которая содержит конструкции для сбора данных. Также здесь находятся разного рода средства визуального представления и анализа – диаграммы, графики и гистограммы.

Сравнивая эти системы, можно сделать вывод, что они обладают достаточно удобным графическим интерфейсом, что, в свою очередь, повышает скорость построения модели и снижает вероятность ошибки.

Пакет *Arena* ориентирован на моделирование бизнес-процессов, а также расчет стоимости затрат по видам деятельности. Пакет *AnyLogic*

более универсален в сравнении с *Arena*, что дает возможность использовать его в научной деятельности. Универсальность *AnyLogic* объясняется возможностью создания собственных сборщиков статистики и поддержкой различными операционными системами (*Windows, Linux* и др.). Обе системы моделирования имеют множество модулей для построения сложных дискретно-событийных моделей, а также инструменты для создания двухмерной анимации.

На сегодняшний день существует немало программных продуктов для имитационного моделирования, среди которых наибольшее распространение получили системы *Arena* и *AnyLogic*. Для современного предприятия на сегодняшний день важнейшей задачей является выбор наиболее оптимальной системы, которая будет ориентирована на решение конкретных проблем предметной области.

МЕТОДЫ НАСТРОЙКИ КАМЕРЫ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ СЦЕНЫ В *AUTODESK MAYA*

Студентка гр. АСУ-12-1м А.А. Бояршинова

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

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Описываются альтернативные методы настройки камеры для статической и динамической сцены в среде *Autodesk Maya*. Рассмотрена точная настройка параметра глубины резкости пространственного изображения.

Ключевые слова: настройка камеры; *Autodesk Maya*; статическая сцена; динамическая сцена; глубина резкости пространственного изображения; фокусное расстояние; угол обзора камеры; *Mel*.

METHODS OF SETTING THE CAMERA OF STATIC AND DYNAMIC SCENES IN *AUTODESK MAYA*

Student gr. ASU-12-1m A.A. Boyarshinova

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *R.T. Murzakaev*

Perm National Research Polytechnic University

This article describes the alternative methods for the camera settings of the static and dynamic scene environment Autodesk Maya. Consider the exact parameter setting depth of field image.

Keywords: camera setting; autodesk maya; static scene; dynamic scene; depth of field; focal length; camera angle; *Mel*.

В процессе создания анимационной сцены важнейшим инструментом для получения точного и качественного изображения является камера, настройка которой может занимать длительное время. В данной работе поставлена задача изучения альтернативных методов настройки камеры для динамических и статических сцен.

Смоделировать сцену с текстурированными объектами и настроить ее освещение на практике чаще всего бывает недостаточно, нужно показать сцену в определенном ракурсе, а это невозможно без настройки камеры. Расположение камеры определяет композицию финального изображения сцены, подчеркивая главные и опуская второстепенные детали. Размещение камеры на том же уровне, что и происходящее в сцене действие, создаст у зрителя ощущение участия в сцене – данный прием эффективен при создании анимаций, которые предполагают осмотр отдельных элементов сцены с близкого расстояния.

Камера (Camera) – это невизуализируемый объект, который отображает сцену с определенной точки обзора. Одним из главных параметров при настройке камеры является глубина резкости пространственного изображения или ГРИП [1].

Правильное расположение камеры подчеркивает определенные характеристики и свойства объекта. Камера может находиться под объектом и быть нацеленной вверх или же над ним и быть нацеленной вниз. Кроме того, любая камера, виртуальная или реальная, характеризуется определенным полем зрения (field of view). В *Maya* употребляется термин «угол обзора» (angle of view). Камера может быть широкоугольной или с телеобъективом. Восприятие зрителя зависит от эффекта перспективы. Чем шире поле зрения камеры, тем шире будет перспектива. Фокусное расстояние человеческого глаза составляет 50 мм и соответствует так называемому нормальному объективу (normal lens). Изменение этого фокусного расстояния ведет к искажению перспективы, как показано на рис. 1.

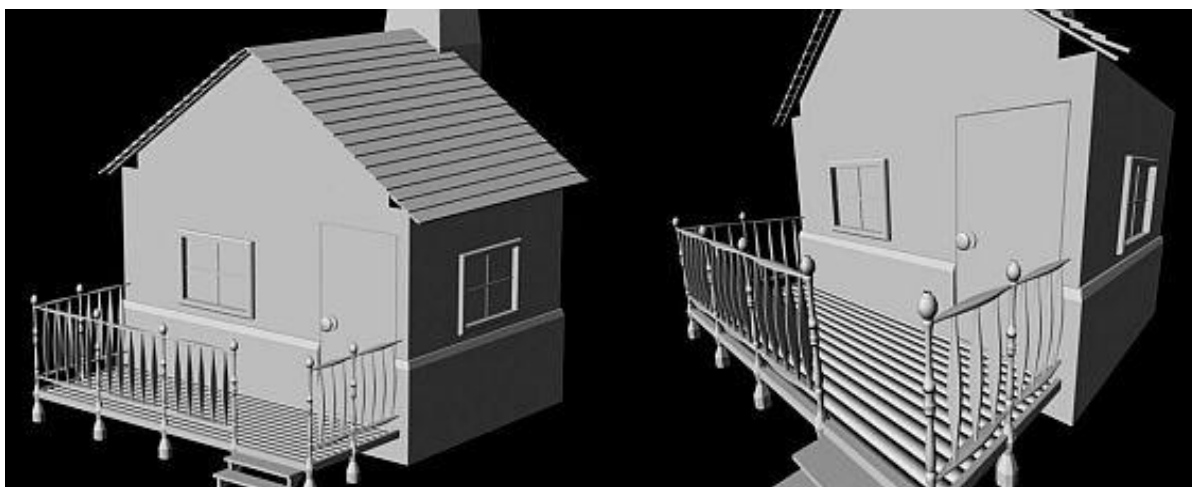


Рис. 1. Вид объекта при угле обзора 20 град (слева) и 85 град (справа)

С помощью перспективы создаются драматический эффект и впечатление действия. Отсутствие перспективы приводит к появлению схематичных сцен. Перспектива также может придать чувство масштаба. Так как в трехмерных сценах не существует ориентиров для размера, иногда бывает сложно понять, какой объект представлен: игрушечная машинка, реальная машина нормального размера или же гигантский автомобиль. В общем случае поле зрения должно составлять от 25 до 80 град [2]. Для крупных планов лучше использовать камеру более узким полем зрения, расположенную на некотором расстоянии, потому что, взяв для этой цели стандартную камеру с широкоугольным объективом и расположив ее близко к объекту, в результате получится искажение перспективы. Пример такого искажения показан на рис. 2.

В трехмерном моделировании не существует ограничений для движения камеры. Если необходимо вызвать у зрителей неприятные ощущения, желательно придерживаться принципов, которые используются

операторами в реальной жизни. Например, поворот камеры вокруг своей оси должен осуществляться очень медленно. Прибегать к крену или к вертикальному панорамированию стоит только для создания специальных эффектов [2].

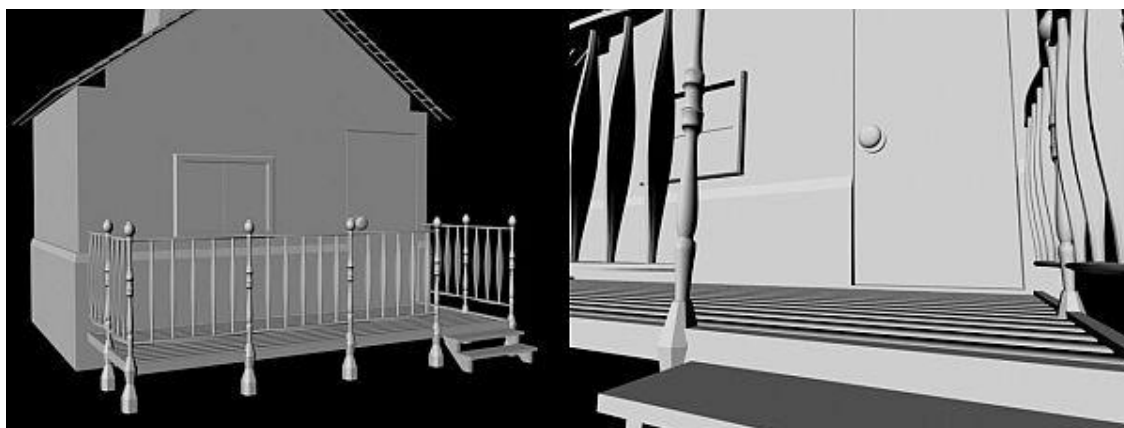


Рис. 2. Вид одного и того же объекта при различном расположении камер с разным полем зрения

В анимации также желательно придавать камерам некоторую массу, чтобы избежать мгновенного начала и завершения движения. Камера должна приходить в движение из статичной позиции с постепенным ускорением. Замедление ее движения тоже должно быть постепенным. Можно указать траекторию, по которой камера будет двигаться в сцене. При этом камера должна свободно поворачиваться. В результате точка наблюдения будет перемещаться, но ее вращение будет плавным и равномерным [2].

Для того чтобы выделить объект на сцене, можно использовать технику на основе глубины резкости. Главный объект будет резким, а все, что позади или спереди него, будет размытым.

«Глубина резкости пространственного изображения» – термин, пришедший из фотографии, относится к области, в которой объекты, расположенные перед камерой, четко сфокусированы. На плоскости фокуса камеры (т.е. расстояния до цели) объекты находятся в фокусе.

Чем дальше от этой плоскости находится объект, тем более смазанным он будет выглядеть. При использовании малой глубины резкости объекты становятся смазанными на небольшом расстоянии от этой плоскости, а при высоком значении размытие объектов происходит на большем расстоянии [3].

При создании глубины резкости первым этапом создается камера. Камера устанавливается на место напротив главного объекта сцены. Далее используется вкладка *depth of field*. Она имеет 3 параметра: расстояние от

точки фокуса до объекта, который должен быть резким, размытость фона, аналогичен значению диафрагмы у фотоаппарата, чем больше это значение, тем более резким будет фон, и последний параметр – глубина резкости.

Главным параметром при настройке глубины резкости является расстояние от камеры до точки фокуса. На рис. 3 этот параметр – произвольное число 28. Использование данного метода не практично, поскольку каждый раз подбор расстояния занимает длительное время.

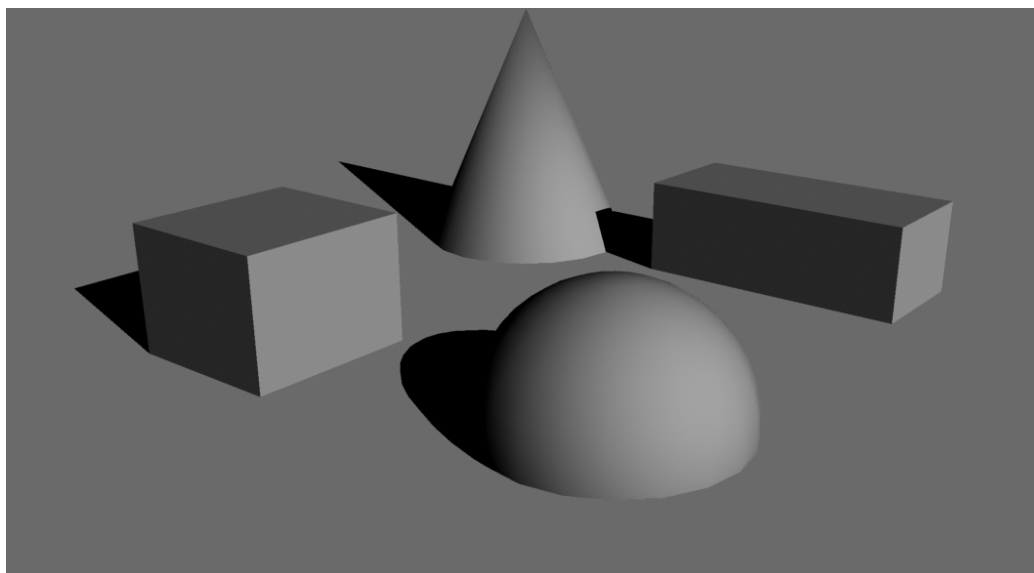


Рис. 3. Пример сцены с настройкой глубины резкости камеры

Рассмотрим метод создания глубины резкости при статической сцене. Для того чтобы определить расстояние от камеры до объекта, который должен быть в фокусе, используем камеру Camera and Aim, или камеру, которая имеет цель. После создания камеры переходим во вкладку «вид от этой камеры». Допустим, необходимо, чтобы в фокусе был объект «сфера», в этом случае выбираем ракурс, где она видна полностью. Затем изменяем параметр Distance Between, расстояние между целью и самой камерой. В результате получаем нужное значение – расстояние от камеры до объекта (рис. 4).

Рассмотрим метод создания глубины резкости при динамической сцене. При динамической сцене фокусное расстояние должно меняться, для этого применяется компонент Animation Expression. Он находится во вкладке Window – Animation Editors – Expression Editor. Для дальнейших вычислений использовался язык сценариев Mel, встроенный в Autodesk Maya [4].

Для вычисления фокусного расстояния находим расстояния между двумя точками. Поскольку работа происходит в трехмерном пространстве, использованы координаты камеры и ее цели.

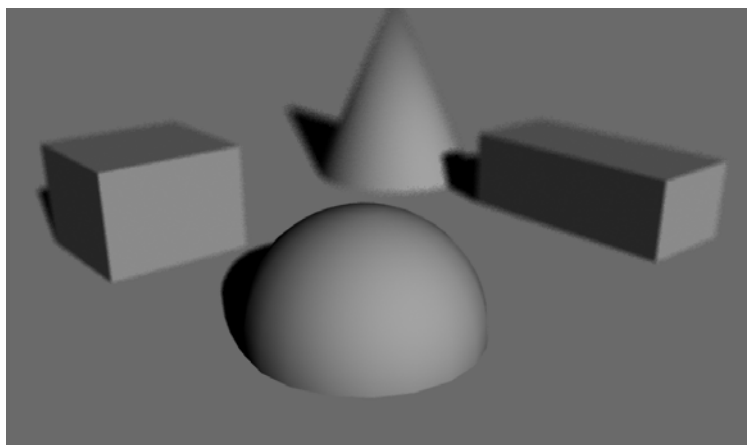


Рис. 4. Вид статической сцены, с настройкой глубины резкости камеры

Ниже представлено выражение, написанное на языке сценариев Mel:

```
cameraShape1.focusdistance = sqrt (((camera 1_aim.translateX-camera 1.translateX)* (camera 1_aim.translateX-camera 1.translateX)+
(camera 1_aim.translateY-camera 1.translateY)* (camera 1_aim.translateY-camera 1.translateY)+(camera 1_aim.translateZ-camera 1.translateZ)*(camera 1_aim.translateZ-camera 1.translateZ))
```

В результате при движении камеры фокусное расстояние меняется с каждым кадром. На рис. 5 представлены ключевые кадры динамической сцены и их фокусные расстояния.

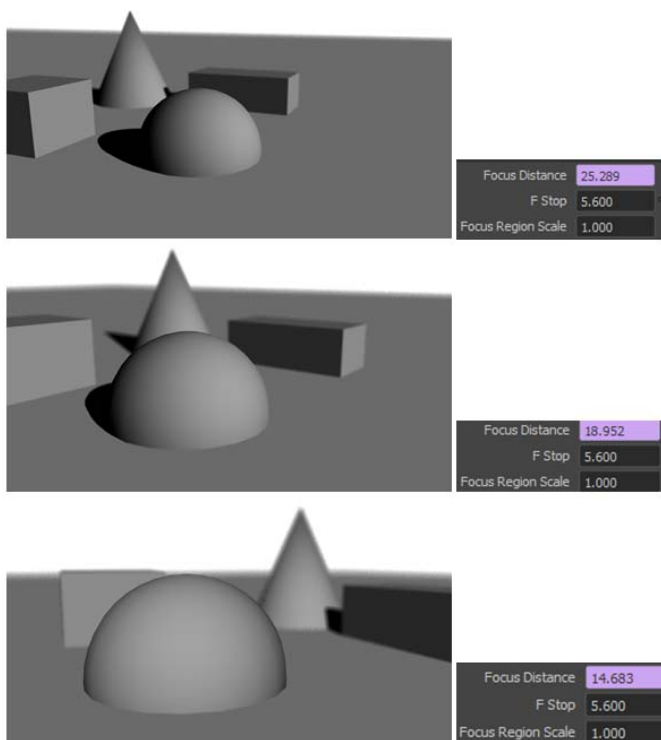


Рис. 5. Виды ключевых кадров сцены при автоматическом изменении фокусного расстояния

В результате настройки объекта камеры с помощью использования метода создания глубины резкости, точной настройке угла обзора и поля зрения возможно получить композицию, которая подчеркивает главные объекты и опускает второстепенные детали. При динамической сцене настройка камеры позволяет сократить время для просчета фокусных расстояний, а также поможет придать сцене динамики и вызвать необходимые эмоции у зрителя.

Библиографический список

1. Шляхтина С. Первые шаги в Maya. Урок 13. Камеры в сценах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compress.ru/Archive/CP%5C2007%5C8%5C49/index.htm>
2. Иллюстрированный самоучитель по Maya 4.5 для продвинутых. Камеры и перспектива [Электронный ресурс]. – URL: <http://samoucka.ru/document2181.html>
3. Глубина резкости (MentalRay) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.render.ru/books/show_book.php?book_id=81
4. Марк Р. Уилкинс, Крис Казмиер. Maya: программирование на MEL: пер. с англ. – М: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 480 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Аспирант И.А. Есипенко, студент гр. ДПМ-11 В.А. Миронов
Научные руководители: д-р техн. наук, профессор *Г.Л. Колмогоров*;
канд. техн. наук, доцент *В.И. Кычкин*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Предложена модель применения метода конечных разностей к расчету динамических характеристик дорожной конструкции. Установлены амплитудно-временные и амплитудно-частотные характеристики с учетом вязкоупругих свойств материалов в расчетной точке. Получены результаты вычислительного эксперимента при варьируемых значениях модуля упругости. Выполнен расчет динамических нормальных напряжений в заданной точке.

Ключевые слова: дорожная одежда; метод конечных разностей; перемещения; напряжения; собственная частота колебаний.

NUMERICAL SIMULATION OF FLEXIBLE PAVEMENT DYNAMIC STRESS-STRAIN STATE

Postgraduate Student I.A. Esipenko, student V.A. Mironov
Scientific advisers: Doctor of Technical Sciences, Professor *G.L. Kolmogorov*;
The Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *V.I. Kychkin*
Perm National Research Polytechnic University

The finite difference method is applied to calculate the pavement dynamic characteristics. Amplitude-time and amplitude-frequency characteristics taking into account viscoelastic properties of materials are installed. Results of computing experiment are received in case of varied values of elastic modulus. Calculation of dynamic normal stresses in the given point is executed.

Keywords: pavement; the finite differences method; strains; stresses; free frequency.

В процессе эксплуатации дорожной конструкции под воздействием автомобильного движения, погодно-климатических и грунтово-гидрологических факторов происходит постепенное снижение ее прочности, связанное с внутренними, необратимыми изменениями в каждом из конструктивных элементов. Чтобы предотвратить преждевременное повреждение дорожного покрытия, оценивают прочность дорожной конструкции и назначают мероприятия, обеспечивающие ее надежность и заданный срок службы. В качестве обобщающего критерия несущей способности (прочности) используют величину обратимого прогиба (модуля упругости) конструкции [1]. Поэтому для оценки напряженно-деформированного состояния необходимо учитывать механические характеристики дорожной одежды на этапе эксплуатации, а также особенности реального динамического воздействия транспортных средств [2].

Целью работы является создание программного обеспечения для расчета динамического напряженно-деформированного состояния автомобильных дорог с учетом реальных механических характеристик и нагрузок. Для определения механических характеристик (модуля упругости) дорожной конструкции на этапе эксплуатации возникает необходимость решения обратной задачи с использованием неразрушающих методов контроля.

Решение обозначенной проблемы целесообразно начать с построения динамической модели поведения автомобильной дороги. Движущееся транспортное средство нагружает дорожную одежду. В результате действия нагрузки образуется «активная зона» (рис. 1). После проезда транспортного средства «активной зоной» дорожной одежды совершает колебательное движение. Длина «активной зоны» зависит от скорости транспортного средства и от величины осевой нагрузки [3].

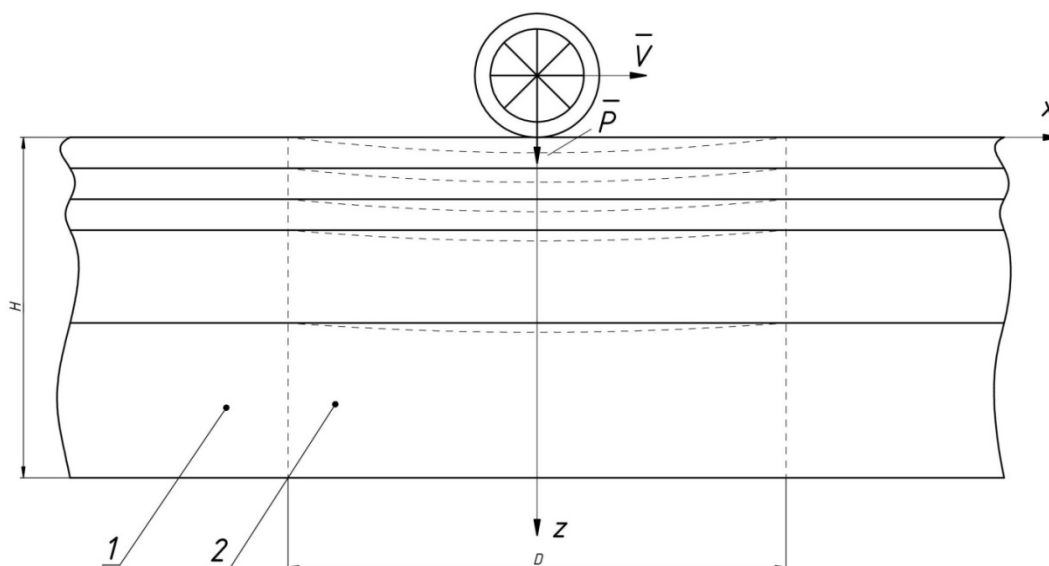


Рис. 1. Модель взаимодействия движущейся нагрузки и дорожной одежды: 1 – дорожная одежда, 2 – «активная зона», H – глубина «активной зоны», D – длина «активной зоны», \bar{V} – скорость, \bar{P} – нагрузка

Рассматривается плоская модель дорожной конструкции. Динамическое равновесие вязкоупругого деформируемого твердого тела (в рамках гипотезы о малых деформациях) описывается системой уравнений [4]:

$$\sigma_{ij,j} = \rho \ddot{u}_i, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}), \quad (2)$$

$$\sigma_{ij} = 2G\varepsilon_{ij} + \lambda\delta_{ij}\varepsilon_{kk} + 2\eta\dot{\varepsilon}_{ij} + \xi\delta_{ij}\dot{\varepsilon}_{kk}, \quad (3)$$

где σ_{ij} и ε_{ij} – тензоры напряжений и малых деформаций, u и w – перемещения вдоль координатных осей, ρ – плотность материала, λ и G – коэффициенты Ламе, ξ и η – коэффициенты вязкости, δ_{ij} – символ Кронекера.

Аналитическое решение системы дифференциальных уравнений при задании граничных и начальных условий затруднительно, поэтому воспользуемся численным методом конечных разностей. Наиболее эффективным методом решения такой задачи является метод релаксации [5]. Для решения задачи необходимо задать начальные условия для каждого элемента деформированной дорожной одежды (рис. 2).

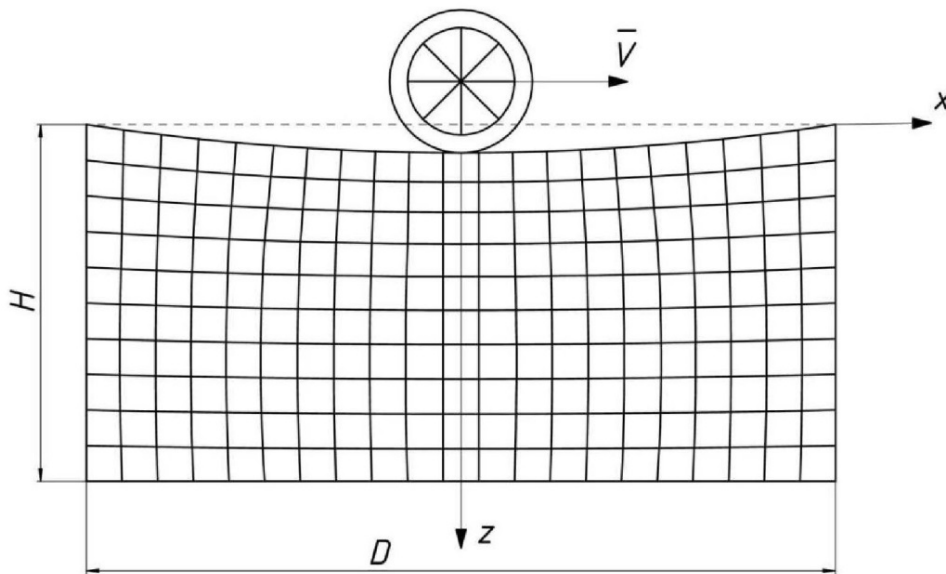


Рис. 2. Модель деформированной дорожной одежды

Начальные условия можно получить, решая задачу статического равновесия упругого деформируемого твердого тела [4]:

$$\sigma_{ij,j} = 0, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}), \quad (5)$$

$$\sigma_{ij} = 2G\varepsilon_{ij} + \lambda\delta_{ij}\varepsilon_{kk}. \quad (6)$$

Данная система уравнений решается в перемещениях методом конечных разностей с использованием итерационной схемы Либмана [6], граничные условия для которой выглядят следующим образом:

$$u_1(1,1|x = -D/2) = 0; u_1(1,1|x = D/2) = 0; \quad (7)$$

$$u_1(2,1|x = -D/2) = 0; u_1(2,1|x = D/2) = 0.$$

В качестве W была принята конфигурация упругого прогиба дорожной одежды от движущегося автотранспортного средства [7].

Для решения статической и динамической задач была написана программа на языке Delphi. В качестве вычислительного эксперимента была принята возмущенная зона дорожной одежды с геометрическими характеристиками: $D = 2$ м, $H = 1$ м.

Приведенные физико-механические характеристики
дорожной одежды

μ	E , МПа	ρ , кг/м ³	η , Па·с
0,3	300	2000	500

На рис. 3 показано перемещение u_2 дорожной одежды на проезд транспортного средства в точке с координатами (0; 0). Ограничение по времени было принято 2 с.

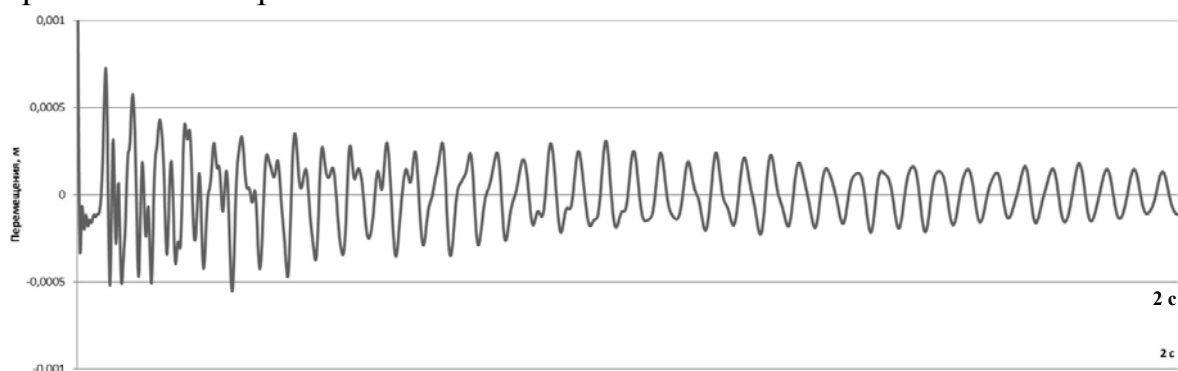


Рис. 3. График перемещения дорожной одежды на проезд транспортного средства в точке с заданными координатами

Обработка результатов расчета с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) в диапазоне частот f_i от 0 до 1000 Гц представлена на рис. 4. Из рисунка видно, что с увеличением частоты, амплитуда виброперемещений снижается.

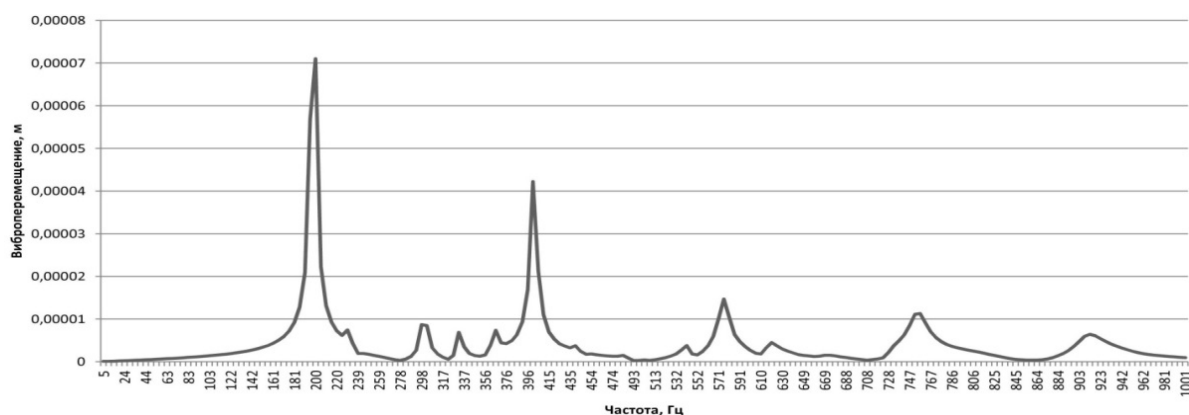


Рис. 4. Спектрограмма виброперемещения

Результат расчета амплитудно-частотной характеристики вертикального перемещения u_2 для принятого узла при варьировании приведенного модуля упругости представлен на рис. 5. Физико-механические характеристики дорожной одежды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Приведенные физико-механические характеристики дорожной одежды

№ эксперимента	μ	E , МПа	ρ , кг/м ³	η , Па·с
1	0,3	300	1500	100
2		400		
3		500		

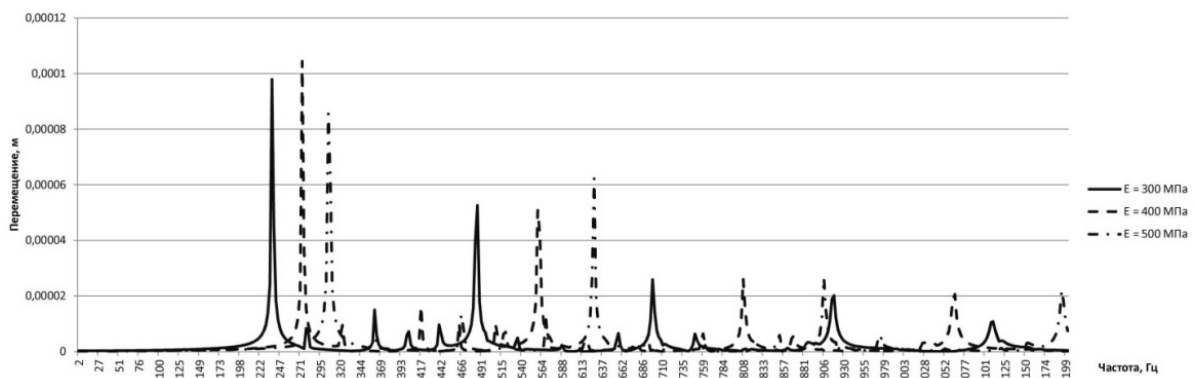


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика вертикального перемещения

Обработанные результаты расчета с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) в диапазоне частот f_i , от 0 до 1200 Гц представлены в табл. 2, из которой видно, что с ростом приведенного модуля упругости материала растет собственная частота колебаний.

Таблица 2

Обработка результатов расчета

E , МПа	f_1 , Гц	f_2 , Гц	f_3 , Гц	f_4 , Гц
300	237	486	698	916
400	273	559	808	1062
500	305	627	906	1194

Таким образом, спектр собственных частот колебаний, который оценивается с экспериментальным значением, является критерием для определения механических характеристик (модуля упругости) дорожной конструкции на этапе эксплуатации.

На рис. 6 показаны амплитудно-временные характеристики нормальных напряжений в расчетной точке с учетом принятого значения модуля упругости.

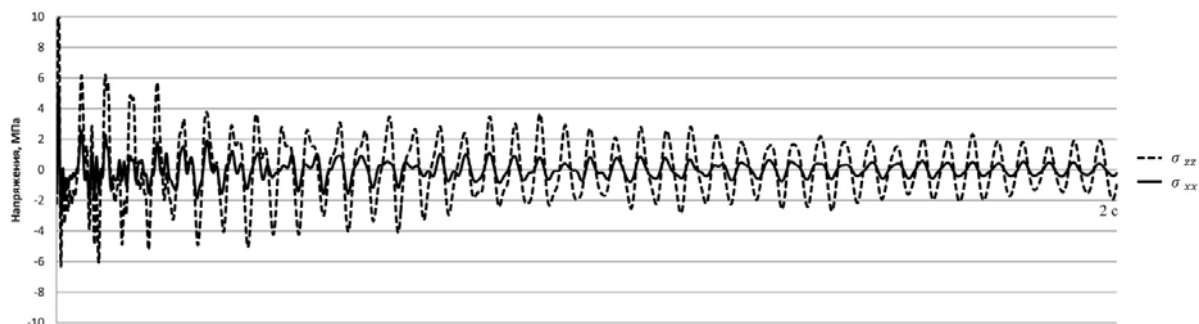


Рис. 6. Амплитудно-временные характеристики нормальных напряжений в расчетной точке

В вычислительном эксперименте осуществлено моделирование затухающих колебаний дорожной одежды. Определен спектр собственных частот и амплитуд колебаний дорожной конструкции с учетом изменения модуля упругости. Установлен критерий для определения фактического модуля упругости. Выполнен расчет динамических нормальных напряжений в заданной точке.

Библиографический список

1. ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89; введ. 19.11.2002). – № ОС–1040–р. – 95 с.
2. Углова Е.В. Теоретические и методологические основы оценки остаточного усталостного ресурса асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук. – Ростов-н/Д, 2009. – 372 с.
3. Лугов С.В. Основные положения методики расчета глубины колеи на дорожных одеждах с асфальтобетонным покрытием: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004. – 267 с.
4. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
5. Маквецов Е.Н., Тартаковский А.М. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры: учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1993. – 200 с.
6. Бояршинов М.Г. Методы вычислительной математики: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 421 с.
7. Бесконтактный метод измерения упругого прогиба дорожной одежды при оценке ее прочности / С.Н. Жилин [и др.] // Дороги России XXI века. – 2004. – № 4.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАБОТЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА

Студент гр. АСУ-12-2м А.А. Рахманов

Научные руководители: д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*,

д-р экон. наук, профессор *Е.В. Долгова*

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Рассматривается модель адаптивного управления насосной установкой с заданной структурой модели в виде апериодического звена с запаздыванием. Применение полученных результатов может способствовать повышению эффективности эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: адаптивное управление, насосное оборудование, ПИД-регулирование.

INTELLIGENT TECHNOLOGY OF CONTROL OF PUMPING EQUIPMENT ON THE BASIS OF ADAPTIVE ALGORITHM

Student of group ACS-12-2m A.A. Rakhmanov

Scientific advisers: Doctor of Economics Sciences, Professor *R.A. Fayzrakhmanov*,

Doctor of Economics Sciences, Professor *E.V. Dolgova*

Perm National Research Polytechnic University

The article deals with a model of adaptive control of the pumping unit with a known structure that is performed by aperiodic link with delay. Results will contribute to the effective operation of the equipment.

Keywords: Adaptive control, pumping equipment, PID control.

Управление нефтедобычей с использованием интеллектуальных технологий, без сомнения, является актуальным направлением исследований, поскольку оно позволяет оптимизировать технологический процесс и уменьшить влияние на него субъективного человеческого фактора. На сегодняшний день интеллектуальные информационные технологии являются одним из развивающихся направлений в области управления техническими системами в условиях недостаточной информации [1, 2, 3]. В частности, такая задача существует в нефтедобывающей отрасли как задача управления насосным оборудованием в условиях недостаточной информации относительно структуры и параметров системы, а также при наличии запаздывания по каналам передачи информации. Известно, что на данный момент широко применяются пропорционально-интегрально-дифференциальные регуляторы (ПИД-регуляторы), однако традиционный метод ПИД-регулирования не может обеспечить приемлемое качество

управления, если характеристики системы изменяются [4]. В связи с этим существует потребность в использовании алгоритмов адаптивных ПИД-регуляторов, основанных на применении интеллектуальных технологий.

Известно, что любую систему в грубом приближении можно представить апериодическим звеном. Между изменением управляющего воздействия и реакцией пласта нефти обычно проходит некоторое время, дополним апериодическое звеном запаздывания. Объектом управления является установка, представляющая собой простую гидравлическую машину, предназначенную для подъема и транспортирования жидкости по трубопроводу [5]. Она состоит из рабочего колеса с лопастями и направляющего аппарата. Таким образом, описание установки примет вид:

$$\frac{k}{1 + p/T} e^{-pa},$$

где k , T – неизвестные параметры апериодического звена, являющиеся в общем случае функциями времени; a – неизвестная величина запаздывания, изменяющаяся в общем случае во времени и обусловленная задержкой в системе наблюдения.

Естественный путь построения адаптивной модели состоит в подстройке неизвестных параметров так, чтобы достичь цели управления [6]. Обозначим входной и выходной процессы объекта как $x(t)$ и $y(t)$. Соответствующее дифференциальное уравнение выглядит следующим образом:

$$y'_t + \frac{1}{T} y = kx(t - a).$$

При решении задачи параметрической идентификации по параметрам a , k и T используем метод градиентного спуска. Таким образом, на каждом шаге алгоритма новые значения параметров вычисляются с использованием следующих соотношений:

$$a' = f_a(v, y, a, T, k, x),$$

$$T' = f_T(v, y, a, T, k, x),$$

$$K' = f_K(v, y, a, T, k, x).$$

Чтобы получить работоспособную схему моделирования, найдем функции f_a , f_T , f_k . Выберем квадратичный критерий минимизации невязки между выходом реального объекта и модели: $O(t) = (v(t) - y(t))^2$.

Тогда согласно теории идентификации при использовании метода градиентного спуска получаем соотношения:

$$\frac{dO}{dT} = 2(y-v)\frac{y}{T}, \quad dO f_T = -r_1 \frac{dO}{dT},$$

$$\frac{dO}{da} = 2(v-y)Tkx', \quad f_a = -r_2 \frac{dO}{da},$$

$$\frac{dO}{dK} = 2(v-y)Tx(t-a), \quad f_K = -r_3 \frac{dO}{dK},$$

где r_1, r_2, r_3 – свободные коэффициенты, от которых зависит скорость спуска.

С учетом полученных результатов структура схемы идентификации примет вид, представленный на рис. 1.

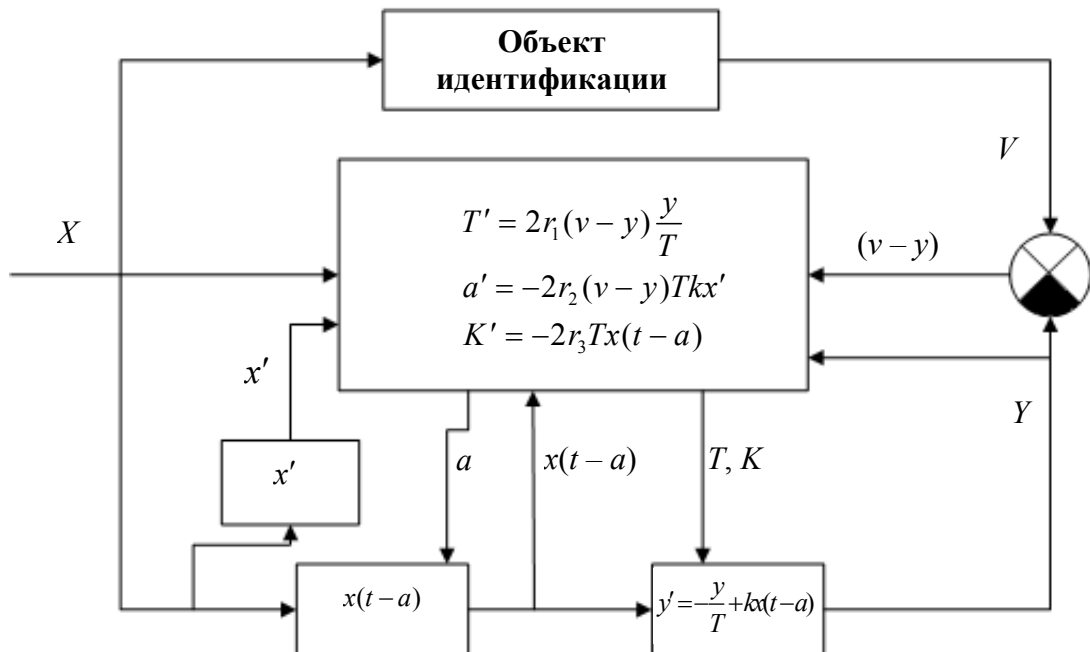
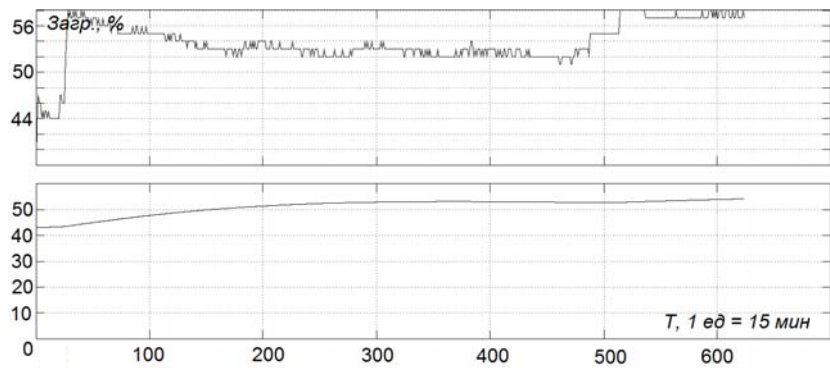


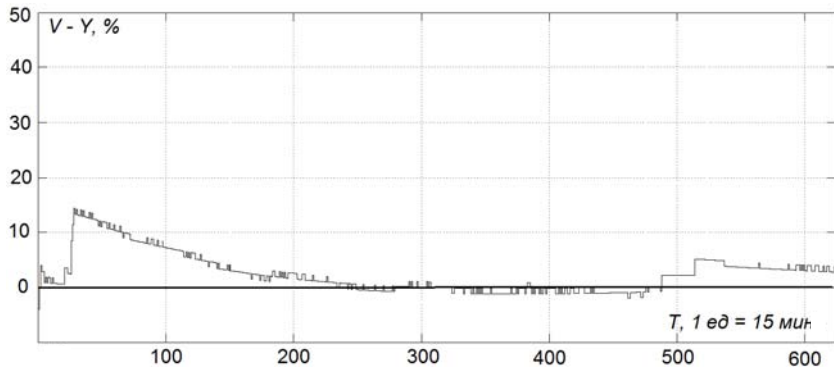
Рис. 1. Схема идентификации системы с адаптивным контуром

При проведении численного эксперимента использовались данные за период продолжительностью 5 дней, измерения производились каждые 15 мин. Результаты работы для ситуации, когда данные выхода системы в начале идентификации известны (ситуация, приближенная к реальной), и для ситуации, когда априорные данные о результатах работы за предыдущий период отсутствуют, представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

Очевидно, что в случае, когда априорные статистические данные за предыдущий период отсутствуют, процесс адаптации занимает больше времени.

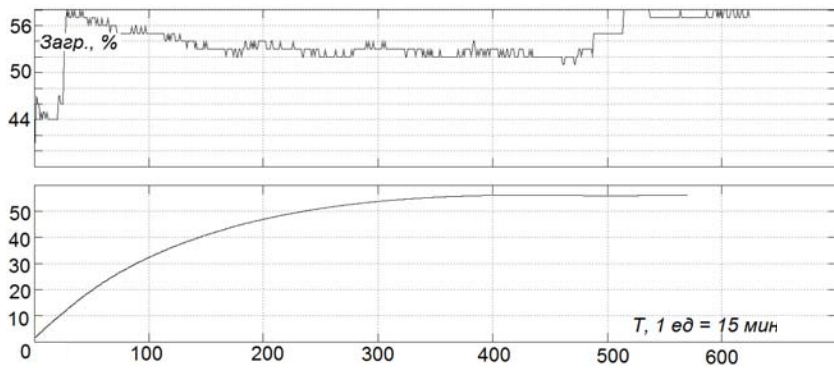


a

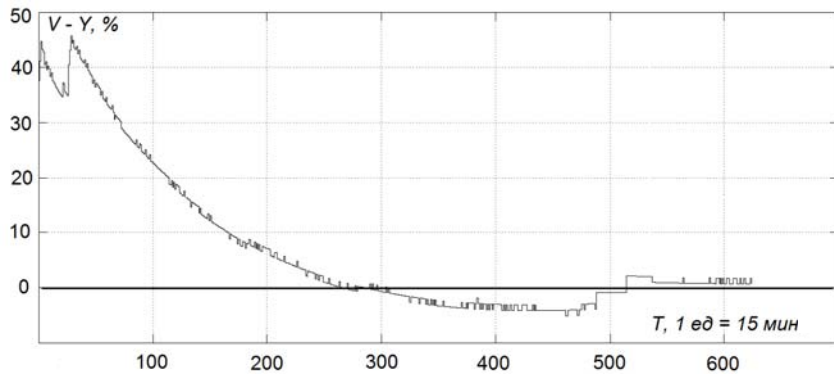


б

Рис. 2. Данные выхода объекта и данные выхода модели (*a*) и ошибка идентификации (*б*) (априорные данные известны)



a



б

Рис. 3. Данные выхода объекта и данные выхода модели (*a*) и ошибка идентификации (*б*) (априорные данные отсутствуют)

В результате проведения вычислительного эксперимента адаптация системы под уровень выходных значений, не превышающий 5 % отклонения, занимает не более 35 ч для случая, когда данные выхода системы в начале идентификации известны, и не более 50 ч, когда априорные данные о результатах работы скважины за предыдущий период отсутствуют.

Контур адаптивного управления представляет собой ПИД-регулятор, коэффициенты которого будут изменяться в процессе работы адаптивного алгоритма. Передаточная функция системы с подключенным регулятором имеет следующий вид:

$$W(p) = \frac{Ke^{-ap}}{1 + pT_1} = \frac{Ke^{-ap}}{1 + pT_1 + Ke^{-ap}(k_1 + k_2p + k_3\frac{1}{p})},$$

$$Y(p) \left[1 + pT_1 + Ke^{-ap}(k_1 + k_2p + k_3\frac{1}{p}) \right] = Ke^{-ap} X(p),$$

где $T_1 = \frac{1}{T}$.

Переходим к дифференциальным уравнениям, затем дифференцируем и убираем интеграл:

$$y + T_1y' + Kk_1y(t-a) + Kk_2y'(t-a) + Kk_3 \int_{t-a}^t y(\tau) d\tau = Kx(t-a),$$

$$y' + T_1y'' + Kk_1y'(t-a) + Kk_2y''(t-a) + Kk_3y(t-a) = Kx'(t-a).$$

Выражаем $y(t)$ и выполняем замену переменной $t-a \rightarrow a$:

$$y(t) = \frac{1}{Kk_3} [-T_1y''(t+a) - Kk_2y'' - y'(t+a) - Kk_1y' + Kx'].$$

Для вычисления скорректированных значений параметров регулятора на каждом шаге алгоритма используем следующие соотношения:

$$\frac{\partial k_1}{\partial t} = \frac{2}{k_3}(y - y_0)y',$$

$$\frac{\partial k_2}{\partial t} = \frac{2}{k_3}(y - y_0)y'',$$

$$\frac{\partial k_3}{\partial t} = -\frac{2}{Kk_3^2}(y - y_0)[T_1y''(t+a) + Kk_2y'' + y'(t+a) + Kk_1y' - Kx'].$$

Для получения смещения по времени в будущее используется аппроксимация, поскольку все методы работы в системе являются численными, и такой подход является допустимым.

В результате прохождения полного цикла адаптивные контуры возвращают переменные T, A, K для идентификации модели и k_1, k_2, k_3 для адаптивной настройки ПИД-регулятора в процессе работы.

Моделирование процесса адаптивного управления производилось для статистических значений работы установки при старте и в процессе работы. На рис. 4 представлены результаты сравнения среднеквадратичной ошибки управления, полученной при использовании ПИД-регулятора без модуля адаптивной корректировки коэффициентов и при использовании ПИД-регулятора с разработанным модулем для каждого из наборов.

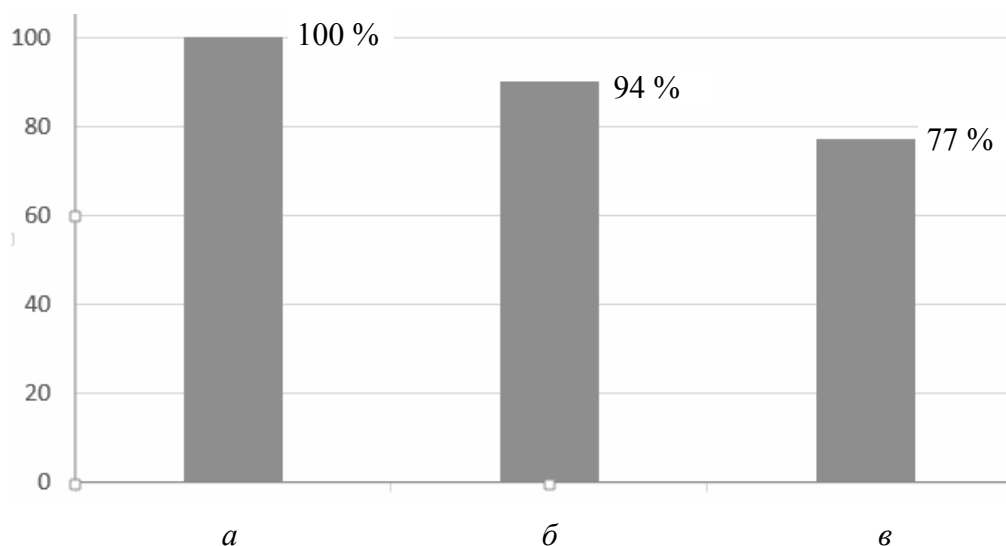


Рис. 4. Сравнение среднеквадратичной ошибки управления для обычного ПИД-регулятора (*а*), для адаптивного регулятора в начале работы насоса (*б*) и для адаптивного регулятора в процессе работы насоса (*в*)

Эксперимент показывает, что качество адаптации зависит от процессов, происходящих с объектом управления. В процессе непрерывной работы насоса удается получить наиболее значимое улучшение процесса управления.

В результате работы адаптивного алгоритма на основе изменяющихся взаимосвязей входных и выходных данных исследуемой системы производится автоматическая корректировка параметров модели. Как параметры контура идентификации (T , A и P), так и коэффициенты ПИД-регулятора принимают устойчивые значения при различных наборах входных параметров и изменении задающего сигнала, а ошибка управления стремится к нулю, что позволяет в каждый момент времени говорить о наиболее точном соответствии между исследуемым объектом и построенной системой. В результате использования контура на основе адаптивного ПИД-регулятора возможно повысить эффективность эксплуатации оборудования за счет добычи оптимального объема нефти в рабочем диапазоне насоса.

Библиографический список

1. Файзрахманов Р.А., Липатов И.Н. Цифровое моделирование случайного процесса с использованием формирующего фильтра // Вестник Ижевск. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 1. – С. 135–138.
2. Файзрахманов Р.А., Смагин С.В. Компьютерное моделирование процесса управления электроустановкой для сушки древесины // Электротехника. – 2012. – № 11. – С. 52–57.
3. About use of neural network models to evaluate the trainee's actions on training complexes complex systems / E. Dolgova, D. Kurushin, R. Fayzrahmanov, A. Gozhenko, V. Prokhorov, W. Zukow // Journal of Health Sciences. – 2012. – Т. 2. – № 6. – С. 055–063.
4. Штейнберг Ш.Е., Серезин Л.П., Залуцкий И.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 7. – С. 1–7.
5. Погружные центробежные электронасосы для добычи нефти (расчет и конструкция) / сост. А.А. Богданов. – М.: Недра, 1968. – 272 с.
6. Фрадков А.Л., Якубович В.А. Адаптивное управление динамическими объектами. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1981. – 448 с.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПРОФИЛЕЙ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ

Аспирант **В.А. Копычев**

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Е.Г. Семенова*
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения

Рассматривается новый подход к управлению качеством процесса разработки программного обеспечения. Он основывается на совместном применении модели зрелости по стандарту ISO/IEC 15504 (SPICE) и метода анализа иерархий. Также автор статьи предлагает рекомендации по выбору приоритетных для улучшения процессов, связанных с разработкой программного обеспечения.

Ключевые слова: управление качеством; процесс разработки программного обеспечения; модели зрелости; ISO/IEC 15504; SPICE; уровни возможностей; метод анализа иерархий; выбор приоритетных процессов.

SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS QUALITY MANAGEMENT BASED ON PROCESS CAPABILITY PROFILES ASSESSMENT

Postgraduate **V.A. Kopychev**

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *E.G. Semenova*
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article deals with new approach to software development process quality management. This approach is based on the combined use of process maturity model from ISO/IEC 15504 (SPICE) standard and the analytical hierarchy process. Also recommendations on foreground processes selection for quality improvement are proposed.

Keywords: quality management; software development process; maturity models; ISO/IEC 15504; SPICE; capability levels; analytical hierarchy process; foreground processes selection

В своем развитии программные средства и информационные системы за достаточно короткое время прошли путь от второстепенных вспомогательных элементов функционирования организаций и элементов производственных систем до полноценных систем управления предприятием, взаимоотношениями с клиентами и партнерами, технологическими процессами и т.д. Основная деятельность предприятий и организаций (основные бизнес-процессы компании) осуществляется с широким использованием информационных технологий.

Критический уровень зависимости деятельности современной организации от информационных технологий и программного обеспечения, с одной стороны, диктует жесткие требования к качеству разрабатываемых программных продуктов, а с другой стороны, сложность и комплексность современных программ создают трудности в четком определении

и поминании критериев их качества как с точки зрения потребителя, так и с точки зрения разработчика.

Соответственно, на передний план выходит управление качеством процесса разработки программного обеспечения. За последние десять лет было создано несколько различных структурированных подходов и методологий в области управления процессом разработки программного обеспечения, которые получили известность. Наиболее известными примерами являются модели *Capability Maturity Model Integration* (СММІ), *Project Management Body of Knowledge* (PМВOK).

Знаковым событием для менеджмента процесса разработки программного обеспечения стал выход стандарта ISO/IEC 15504 «Information technology – Process assessment», также известного как SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination), который определяет требования к поставщику услуг по предоставлению потребителю управляемых услуг приемлемого качества и может применяться разработчиком программного обеспечения как руководство для повышения качества процесса разработки [3].

Стандарт применяется к процессам разработки программного обеспечения и связанным с ним бизнес-процессам [3]. Стандарт ориентирован на оценку качества процессов и возможностей их улучшения и предлагает концепцию непрерывного улучшения процессов. При оценке по стандарту SPICE каждый процесс в определенной категории проверяется на наличие атрибутов возможностей, необходимых для достижения нужного уровня, т.е. проверяется выполнение соответствующих каждому атрибуту практик управления. При этом для атрибутов возможностей существует 4 варианта оценки: не достигнут (Not Achieved, N), частично достигнут (Partially achieved, P), большей частью достигнут (Largely achieved, L), полностью достигнут (Fully Achieved, F). Достижение k -го уровня возможности означает, что все атрибуты процессов, относящиеся к уровням, предшествующим k , имеют оценку F и атрибуты, относящиеся к уровню k , имеют оценки F или L [7].

Таким образом, в результате проведения оценки по стандарту SPICE должны быть сделаны выводы о соответствии каждого процесса тому или иному уровню возможностей. Но при этом стандарт не предлагает формальной методики оценки атрибутов процессов. Также в нем не предлагаются методики для определения процессов, приоритетных для улучшения. Цель данной работы состоит в разработке методики оценки процесса разработки программного обеспечения на основе стандарта ISO/IEC 15504, которая бы позволяла:

- выделить приоритетные для улучшения процессные области;
- провести оценку уровней возможности процессов с получением количественных показателей;
- запланировать мероприятия по дальнейшему улучшению процессов.

Для определения приоритетных для улучшения процессов прежде всего необходимо сформулировать цели, которые ставит перед собой организация, планируя повышение качества процесса разработки программного обеспечения. Цели должны быть определены, исходя из нужд организации и существующих стимулов для повышения качества организационных процессов. Цели формулируются, исходя из качества процессов, времени до выхода на рынок разрабатываемого программного обеспечения (ПО), стоимости разработки, удовлетворенности заказчиков, значимости разработки ПО и оказания ИТ-услуг для организации, предсказуемости и контролируемости поставок готового ПО заказчику, а также исходя из оценки рисков, связанных с разработкой [3]. Для этих целей может быть использовано несколько подходов, включая взвешенную систему показателей [9], стратегическое ориентирование организации [6], подход целей-задач [8] и другие. После определения целей строится таблица, где по вертикали располагаются цели организации, а по горизонтали – процессные области (таблица).

Пример таблицы для оценки важности процессов

Процессы/цели	Процесс 1	Процесс 2	Процесс N
Цель 1	+	+		+
Цель 2		+		
.....				
Цель N	+	+		

Чем большему количеству целей соответствует процесс, тем более важным для организации он является.

Как было изложено выше, важным фактором для определения целей организации, а следовательно, и для процессов, являются риски. Риски могут быть определены различными способами. Наибольшее количество моделей и методик оценки рисков содержит стандарт ISO 31010:2009 [4]. Особого внимания из предложенных в стандарте заслуживает метод оценки дерева вероятностей, так как он может использоваться для любой процессной области, учитывает взаимосвязь между рисками, в результате этого метода можно получить количественный показатель риска для каждой процессной области. Также можно применить матрицу рисков. Помимо описанных в стандарте в работах [2, 5] представлены интегральная модель оценки рисков и другие модели.

После выбора модели оценки рисков оцениваются для процессов, соответствующих целям организации, и строится двумерная шкала для оценки приоритетов процессов. По оси X откладывается уровень рисков, по оси Y – важность процесса (рисунок).

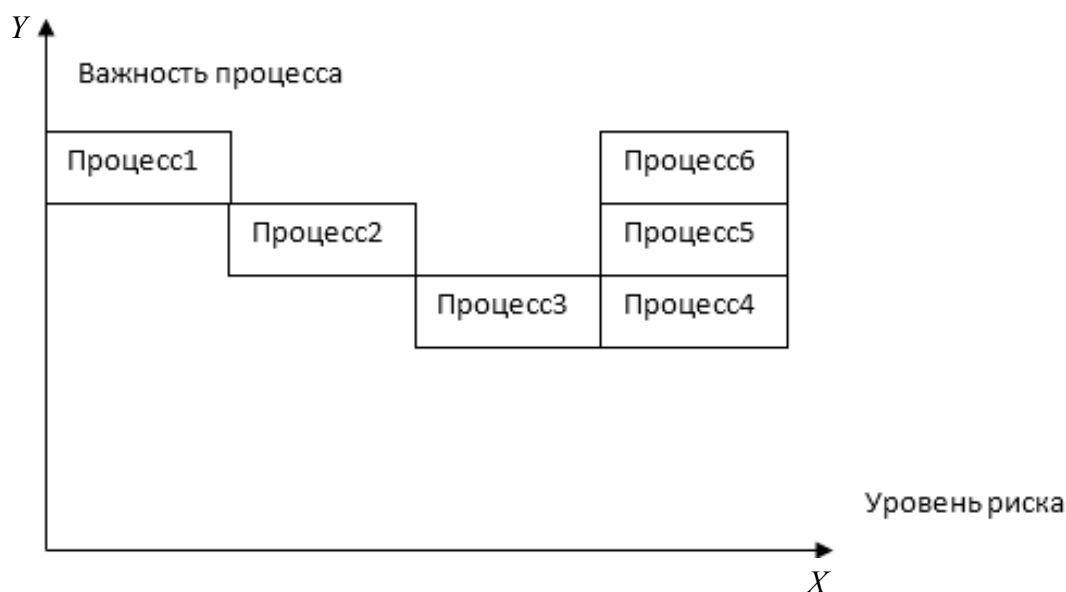


Рис. Определение приоритетных процессов для улучшения

Приоритетными являются процессы с наибольшим уровнем важности и риска, следующие – с более низким уровнем важности/рисков и т.д.

Далее для каждого из приоритетных процессов составляется профиль возможностей. Для решения этой задачи производятся следующие действия:

- определяется степень выполнения практик (в %), соответствующих каждому атрибуту процесса, согласно стандарту SPICE;
- определяются весовые коэффициенты практик с использованием метода анализа иерархий [1];
- определяются количественные показатели атрибутов процесса по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n w_i a_i,$$

где w_i , a_i – весовой коэффициент и степень выполнения i -й практики соответственно.

В итоге для каждого процесса можно определить профиль уровня возможностей процесса как набор показателей атрибутов:

$$CP_i = \{Q(PA1.1), Q(PA2.1), \dots, Q(PA5.2)\}.$$

Сформировав профиль для каждого процесса, можно получить набор профилей CP_i . Полученный набор ранжируется, исходя из важности процессов. Далее, исходя из целей улучшения, для каждого процесса задается целевой уровень возможностей. Таким образом, каждому процессу можно сопоставить целевой профиль CP'_i . Следующий шаг – сравнение текущих профилей возможности с целевыми и планирование операций по повышению уровня нужных процессов. Формальным языком эту операцию можно определить как

$$CP'_i = CP_i + \Delta CL,$$

где CP_i – исходный профиль возможностей, CP'_i – целевой профиль возможностей, ΔCL – разница в уровнях процессов между целевым и исходным уровнем. Следующий шаг после повышения уровня возможностей приоритетных процессов – проверить, насколько близко подошла организация к выполнению своих целей. Например, для каждой цели можно определить один или несколько числовых показателей и оценить изменения этих показателей после повышения уровня возможностей.

Подводя итог данной работы, можно сделать следующие выводы. Предложенная в работе методика позволяет выделить приоритетные для улучшения процессы по двум показателям: важность процесса для бизнес-целей организации и уровень рисков, связанных с процессом. Далее методика дает возможность оценить уровни возможностей процессов и получить количественные показатели атрибутов процесса, объединенные в особую иерархию – профили возможностей. Такие профили определяются для каждого из процессов и на основании анализа этих профилей планируются мероприятия по повышению качества организационных процессов.

Библиографический список

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
2. Chun-guang Pan, Ying-wu Chen. An Optimization Model of CMMI-Based Software Project Risk Response Planning. – World Academy of Science // Engineering and Technology. – 2008. – №14.
3. ISO/IEC 15504. Software Process Improvement Capability Determination (SPICE), 2004-2011.

4. ISO 31010: 2009. Risk management – Risk assessment techniques.
5. Jureczko M. Automatic Control of the Software Development Process with Regard to Risk Analysis. – Wroclaw University of Technology Poland, 2012.
6. Kaplan R.S., Norton D.P. The Strategy-Focused Organization. – Harvard Business School Press, 2001. – 400 p.
7. Mueller M. [et al.]. Automotive SPICE in Practice: Surviving Implementation and Assessment, 2012.
8. Potter N.S. and Sakry M.E. Making Process Improvement Work: A Concise Action Guide for Software Managers and Practitioners. – Addison-Wesley Professional. – 2002.
9. URL: <https://www.balancedscorecard.org> [Электронный ресурс].

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНДАРТНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА В СЛОЖНЫХ ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Студент гр. БС-1101 А.М. Ковалев

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *Е.А. Солов*
Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Представлены численные исследования стандартного генетического алгоритма на представительном множестве тестовых задач параметрической оптимизации.

Ключевые слова: генетические алгоритмы, исследование эффективности.

STANDARD GENETIC ALGORITHM EFFICIENCY INVESTIGATION FOR COMPLEX PARAMETRIC OPTIMIZATION PROBLEMS

Student gr. BS-1101 A.M. Kovalev

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *E.A. Sopov*
Siberian State Aerospace University named after academician
M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

The numerical studies of the standard genetic algorithm on a representative set of parametric optimization test problems are presented.

Keywords: genetic algorithms, efficiency investigation.

При решении задач оптимизации часто встречаются ситуации, такие как неопределенность, разношкальность, вычислительная сложность, высокая размерность, существенная нелинейность и многоэкстремальность, которые затрудняют или делают невозможным применение классических методов. Использование в оптимизации различных схем эволюционных алгоритмов позволяет преодолевать многие из возникающих трудностей.

Эволюционные алгоритмы (ЭА), к числу которых относятся генетические алгоритмы, эволюционные алгоритмы, алгоритмы генетического программирования и другие, берут начало в первых работах по эволюционному моделированию Л. Фогеля [1] и Д. Холланда [3], где было предложено моделировать процесс биологической эволюции для создания систем искусственного интеллекта.

Базовая идея использования ЭА в задачах оптимизации состоит в построении некоторого множества допустимых решений оптимизационной задачи и применении «малых» случайных преобразований с целью получения решений более высокого качества.

В 1975 г. вышла основополагающая книга Дж. Холланда [3], в которой был предложен первый генетический алгоритм. Термин «генетические алгоритмы» (ГА) ввел Д. Голдберг [2].

Описание генетического алгоритма. В данной работе исследовались генетические алгоритмы со следующими значениями операторов:

– оператор селекции: пропорциональная селекция, турнирная селекция, ранговая селекция;

– оператор скрещивания (рекомбинация): одноточечное скрещивание, двухточечное скрещивание, равномерное скрещивание;

– оператор мутации: слабая (вероятность мутации равна $\frac{1}{3n}$, где n – длина хромосомы), средняя (вероятность мутации равна $\frac{1}{n}$, где n – длина хромосомы), сильная (вероятность мутации равна $\frac{3}{n}$, где n – длина хромосомы).

Генетический алгоритм был реализован по схеме, представленной на рис. 1.

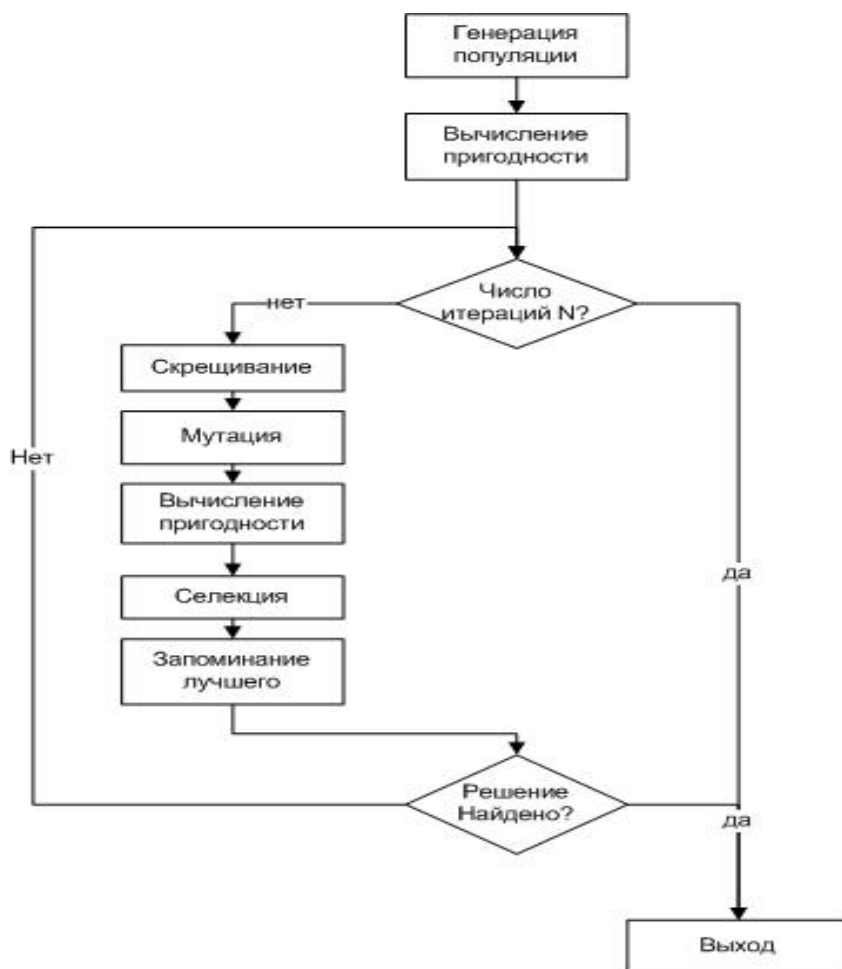


Рис. 1. Схема ГА

Тестовые функции. Для исследования эффективности генетического алгоритма использовались функции Розенброка, Шекеля, Растригина, Катникова, Гриванка, Де Йонга и др. Всего в тестовый набор включены 14 задач.

Пример одной из тестовых функций: функция Растригина овражная с поворотом осей (рис. 2).

$$I(x, y) = (0,1K_x \cdot A)^2 + (0,1K_y \cdot B)^2 - 4\cos(0,8K_x \cdot A) - 4\cos(0,8K_y \cdot B) + 8,$$

где $A = x \cdot \cos(\alpha) - y \cdot \sin(\alpha)$, $B = x \cdot \sin(\alpha) + y \cdot \cos(\alpha)$, K_x, K_y – растяжение/сжатие по x, y , α – угол поворота $\alpha = \pi/4$, $k_x = 1,5, k_y = 0,8$, $x, y \in [-8; 8]$, $\min = I(0,0) = 0$.

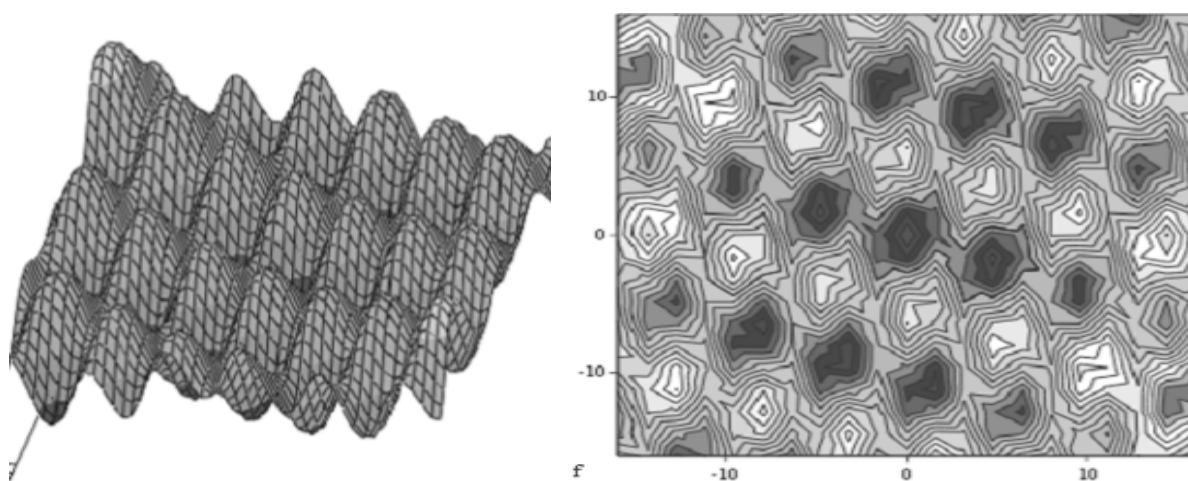


Рис. 2. График и линии уровня функции

Во всех задачах требовалось найти либо точку максимума либо точку минимума функции. Для нахождения решения использовалось стандартное бинарное кодирование параметров. Во всех задачах размер популяции составлял 50 индивидов, число поколений – 50, размер турнира – 3.

Для исследования эффективности алгоритм подвергался стократному прогону на каждой задаче.

Для оценки эффективности использовались 2 показателя – надежность (процент успешных запусков к общему числу запусков) и среднее число итераций (номер итерации, когда найдено решение, усредненное по успешному числу запусков). Алгоритм с наибольшей надежностью всегда считается лучшим. Среди алгоритмов с одинаковой надежностью лучший тот, у которого наименьшее среднее число итераций.

Программная реализация. Была разработана программная система, реализующая ГА для проведения численных экспериментов (рис. 3, 4).

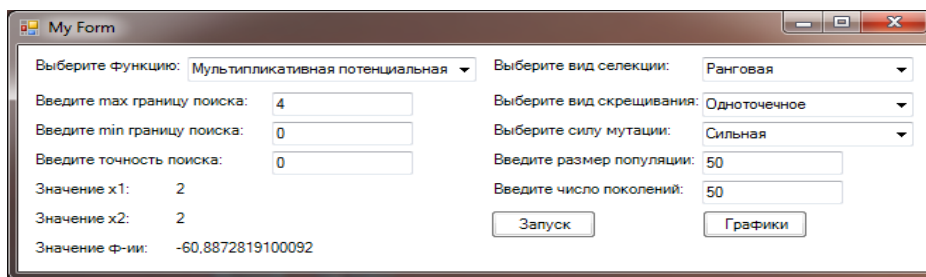


Рис. 3. Главное окно системы

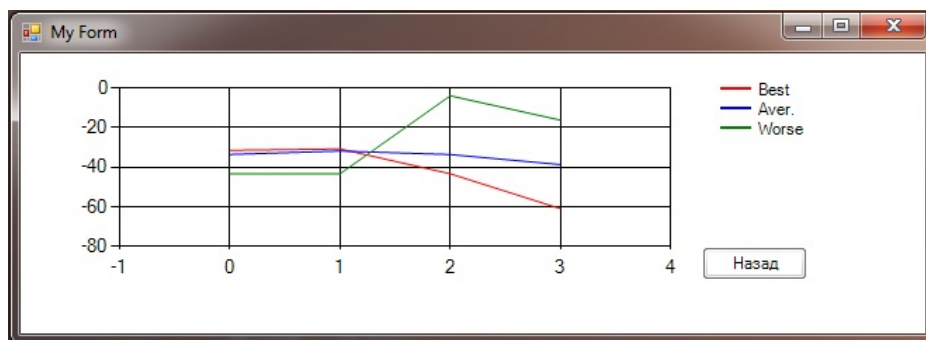


Рис. 4. Окно вывода графиков пригодности

В главном окне (см. рис. 3) пользователь может выбрать задачу, произвести настройку генетического алгоритма, запустить алгоритм. Также здесь отображаются значения параметров и значения функции в этой точке.

В окне графиков (см. рис. 4) представлены графики пригодности по лучшему индивиду, худшему индивиду и в среднем по популяции. Вдоль оси абсцисс расположены значения итераций, вдоль оси ординат расположены значения пригодностей.

Результаты численных экспериментов. Фрагмент таблицы с оценками эффективности ГА представлен ниже. Результаты приведены для вышепредставленной овражной функции Растригина с поворотом осей (таблица).

Оценки эффективности ГА на тестовых задачах

№ задачи	Тип селекции	Тип скрещивания	Тип мутации					
			Слабая		Средняя		Сильная	
			Надежность	Сред. число итер.	Надежность	Сред. число итер.	Надежность	Сред. число итер.
4	Пропорц.	одноточечное	70	17	79	10	76	16
	Пропорц.	двухточечное	75	15	63	13	86	11
	Пропорц.	равномерное	95	6	89	9	87	8
	Ранговая	одноточечное	64	15	77	8	75	15
	Ранговая	двухточечное	46	17	70	8	86	9
	Ранговая	равномерное	39	19	84	8	63	23
	Турнир.	одноточечное	92	7	95	9	79	19
	Турнир.	двухточечное	87	4	98	5	92	9
	Турнир.	равномерное	96	5	91	9	90	9

Всего исследовано $27 \cdot 14 = 378$ вариантов ГА (27 комбинаций параметров, 14 тестовых задач). Ниже представлены гистограммы, представляющие процент алгоритмов с частным набором параметров, превысивших определенный процент надежности (рис. 5–7).

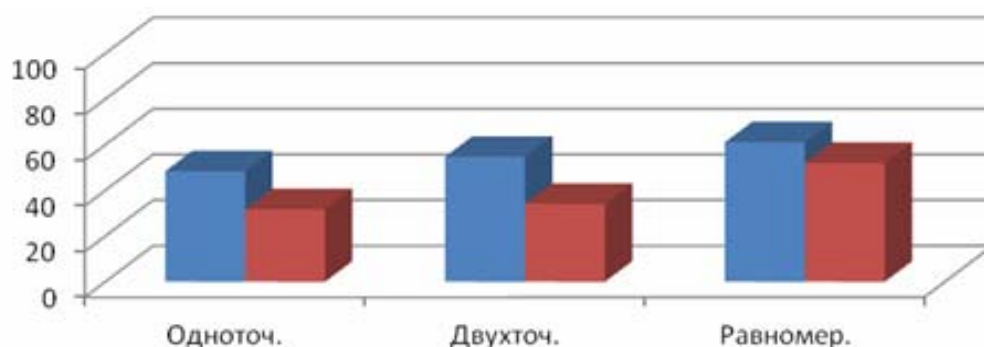


Рис. 5. Процент эффективных алгоритмов (скрещивание): ■ – 85 %, ■ – 95 %

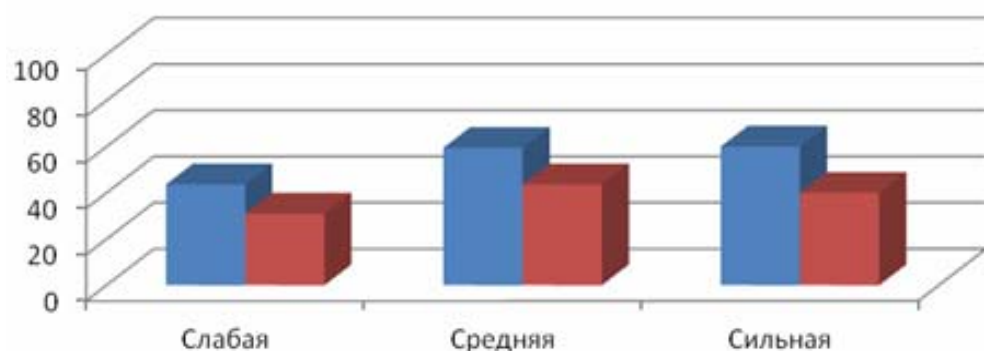


Рис. 6. Процент эффективных алгоритмов (мутация): ■ – 85 %, ■ – 95 %

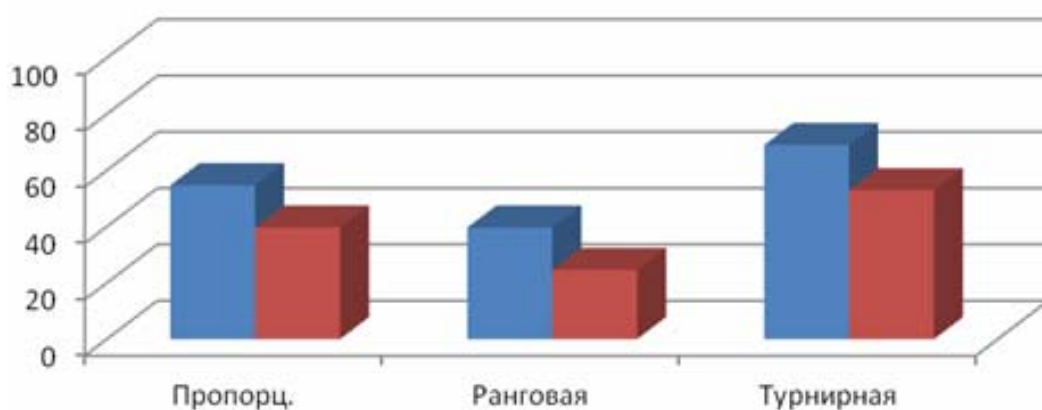


Рис. 7. Процент эффективных алгоритмов (селекция): ■ – 85 %, ■ – 95 %

Синим цветом обозначен процент алгоритмов, у которых надежность превышает 85 %, относительно всех алгоритмов, в которых применялся данный метод, красным – число алгоритмов, у которых надежность превышает 95 %.

Выводы. В результате данного исследования было установлено, что наиболее эффективно с поставленными задачами справляется алгоритм, в котором применяются турнирный метод селекции, средняя сила мутации и метод равномерного скрещивания.

Библиографический список

1. Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. – М., 1969.

2. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. – Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.

3. Holland H.J. Adaptation in Natural and Artificial systems. – University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

4. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем: конспект лекций [Электронный ресурс] / Е.С. Семенкин, М.Н. Жукова, В.Г. Жуков, И.А. Панфилов, В.В. Тынченко. – URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/22/u_lectures.pdf

5. Еремеев А.В. Генетические алгоритмы и оптимизация: учебное пособие [Электронный ресурс]. – URL: <http://iitam.omsk.net.ru/~eremeev/PAPERS.SK/Method.pdf>

6. Генетический алгоритм. Стандарт. Ч. I: Описание стандартного генетического алгоритма (СГА) / А.Б. Сергиенко, П.В. Галушин, В.В. Бухтояров, Р.Б. Сергиенко, Е.А. Сопов, С.А. Сопов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.harrix.org/files/project_standart_ga/Geneticheskii_algorithm_Standart_v_1_5_Release_Candidate.pdf

СОЗДАНИЕ IDE ПРОЦЕСС-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ

Аспирант М.М. Сизов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *В.Е. Зюбин*
Институт автоматизации и электростандиметрии СО РАН, г. Новосибирск

Приведен сравнительный обзор существующих реализаций проблемно-ориентированных языков в области автоматизации и их некоторых особенностей. Была обоснована необходимость создания инструментария для проблемно-ориентированного языка и сформулированы критерии выбора инструментария для языка Рефлекс. Представлен обзор существующих решений, уменьшающих трудоемкость разработки такого инструментария.

Ключевые слова: проблемно-ориентированные языки; язык Рефлекс; промышленная автоматизация; интегрированные среды разработки; Eclipse EMF; JetBrains MPS.

APPLICATION OF DSL CREATION TOOLS FOR DEVELOPMENT OF IDE FOR PROCESS-ORIENTED PROGRAMMING LANGUAGE

Graduate Student M.M. Sizov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *V.E. Zyubin*
Institute of Automation & Electrometry SB RAS, Novosibirsk

This article compares domain specific languages in automation domain, including their special features. Arguments for creating of integrated development environment for such DSL were provided as the criteria for necessary tools for Reflex process-oriented language. A review of tools for implementation of integrated development environment was provided.

Keywords: domain-specific language; Reflex language; industry automation; integrated development environment; Eclipse EMF; JetBrains MPS.

В настоящее время практически вся автоматизация промышленных систем проводится на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК), выполняющих управляющий алгоритм. ПЛК могут работать автономно, быть подключенными к автоматизированному рабочему месту или к АСУ предприятия. При разработке управляющих алгоритмов должна учитываться специфика задачи автоматизации и алгоритмические языки, такие, как Си и Паскаль, не подходят для этих целей.

Специфика задач автоматизации. Важными понятиями в области автоматизации систем являются открытость, цикличность и событийность. Системы автоматизации являются открытыми системами, т.е. существует внешняя (для ПЛК) среда – управляемый объект, реагирующий на управляющие сигналы алгоритма. В свою очередь, алгоритм должен реагировать на события от объекта управления. Это обуславливает цикличность управляющего алгоритма по схеме: опрос датчиков, обработка данных,

формирование управляющих сигналов и выдача их на исполнительные устройства. Другая особенность алгоритмов управления – логический параллелизм, отражающий существование множества параллельно проходящих процессов. Регулирование температуры, давления, скорости вращения в управляющем объекте допускает параллельность в работе алгоритма управления. Поскольку события в разных компонентах системы возникают независимо, попытка вычисления реакции системы целиком влечет комбинаторный перебор слишком большого числа вариантов. Использование логического параллелизма предполагает наличие в алгоритме независимых или слабозависимых частей, что упрощает логическую структуру алгоритма управления. Подробный анализ специфики области проведен в работах [1, 2].

Проблемно-ориентированные языки позволяют описывать программную систему в терминах предметной области, что увеличивает выразительность кода, уменьшает сложность системы, также становится возможной разработка систем специалистами предметной области.

Специализированные языковые средства описания алгоритмов управления. Международным электротехническим комитетом стандартизованы языки серии МЭК 61131-3 (языки ST, SFC, LD, FBD, IL) [3], преимущественно эти языки основываются на использовавшихся в индустрии коммерческих языках. При анализе стандарта выявляется перекося в выборе языков – с одной стороны, в стандарт попадает Ассемблер (IL), с другой стороны, мощная ветка языков машин конечных состояний оказывается за рамками рассмотрения. В основе *Ladder Diagram* (LD) лежит концепция реле, язык ориентирован на манипуляции с битовыми переменными, имеет ограничения на сложность алгоритма. Цикличность и логический параллелизм – неотъемлемые атрибуты языка, однако он имеет проблемы с синхронизацией, операциями с аналоговыми сигналами. Абстрагирование и отход от ключевой концепции реле невозможны. *Functional Block Diagram* (FBD) предоставляет достаточно естественную работу с аналоговыми переменными и минимальные средства структуризации (новые блоки можно компоновать из существующих). Языку присущи логический параллелизм с поддержкой синхронизации, однако отсутствуют средства управлением потоком операций и ограничена абстрагируемость – информация о физических сигналах связи с объектом практически неустраивается, также отсутствует событийность. *Sequential Function Chart* (совместно с IL или ST) SFC + ST – это, пожалуй, наиболее мощное средство из языков МЭК 61131-3. Язык имеет общие корни с сетями Петри, что частично снимает проблемы синхронизации, преимущество подхода – со-

бытийность. Слабые места языка SFC – абстрагирование и структурирование, что ограничивает сложность алгоритмов.

Язык Habitation позиционируется как язык для домашней автоматизации, он активно использует подходы Model-Driven Development. Это графический язык программирования, в котором представлены абстракции из области автоматизации – вентили, выключатели, индикаторы, соединенные между собой, а также функциональные сервисы, управляющие оборудованием. Язык реализован с помощью среды разработки Eclipse и плагинов, облегчающих разработку редакторов графических языков и генераторов кода, основанных на моделях. В общем доступе отсутствуют документация по языку и сам транслятор, что снижает применимость данного подхода.

Язык Hume [4] в качестве метафоры исполнения имеет возможность использования расширенных машин с конечным числом состояний (extended FSM), при этом восполняет недостаточную выразительность конечных автоматов за счет расширения функционального языка Haskell. Одной из главных задач при разработке языка было предоставление возможности строгого вычисления динамических характеристик – времени выполнения и потребляемых ресурсов. Hume поддерживает параллельное выполнение кода. Эти задачи естественно решаются за счет использования функциональной парадигмы, позволяющей использовать формальные теории для оценок потребляемых ресурсов. При проектировании было заложено несколько «уровней», отличающихся между собой функционалом, требованиями к ПЛК и возможностями статической проверки. Для переносимости и отладки язык использует виртуальную машину Hume. В языке также присутствует обработка событий, в том числе выставление таймаутов на выполнение вычислений. Имеются инструменты для статического, динамического анализа. Использование функциональной парадигмы имеет и негативные последствия – более высокое требование к квалификации специалистов в программировании, специалисты должны уметь работать в функциональной парадигме.

Язык Reflex был разработан в Институте автоматизации и электротехники СО РАН. Язык базируется на модели гиперпроцесса [1, 2], предполагающего существование внешней среды, активное взаимодействие с ней, обеспечение привязки алгоритма к физическому времени и существование простых механизмов структурной организации параллельно исполняемых процессов. Это позволяет использовать модель гиперпроцесса при создании управляющих алгоритмов для сложных технических объектов, реагирующих и гомеостатических систем. Reflex является диалектом языка Си

и позволяет использовать функции языка Си, что облегчает изучение языка Reflex. Язык успешно использовался при разработке сложных алгоритмов управления, например, на установке по производству монокристаллического кремния. Качественное сравнение с другими проблемно-ориентированными языками приведено в таблице.

Сравнение характеристик языков

Параметр	Reflex	LD	FBD	SFC	Habitation	Hume
Модель выполнения	ED/CF	DF	DF	CF	?	ED/DF
Абстрагирование	+	–	–	–	+	+
Событийность	+	–	–	+	?	+
Параллельность	+	+	+	+	?	+
Структурирование	+	–	+	–	?	+
Инструментарий	–	+	+	+	+	+

Примечание. Вычислительные модели: ED – событийно-ориентированная (event driven), DF – потока данных (data flow), CF – потока управления (control flow).

К сожалению, инструментальная поддержка языка ограничена транслятором. Для увеличения эффективности разработки и поддержки (отладки) программ, написанных на языке *Reflex*, необходимо разработать отладчик и интегрированную среду разработки. Использование стандартных методологий и разработка инструментария на языках общего назначения (*C++*, *Java*, *Pascal*) чрезмерно трудоемки, и у небольших коллективов программистов нет ресурсов и возможности для их разработки. Предлагается использовать для этих целей инструментарий разработки проблемно-ориентированных языков.

Критерии выбора инструментария разработки IDE для языка Рефлекс. Критерии для выбора инструментария разработки определяются спецификой области. В области промышленной автоматизации при разработке управляющего алгоритма могут использоваться инструменты статического и динамического анализа алгоритмов — потребление памяти и ограничения по времени. Программы рассчитаны на длительную поддержку со стороны разработчика и необходимость оперативного устранения ошибок. Инструментарий разработки DSL должен иметь средства для разработки отладчика целевого DSL и сгенерированного кода, что увеличит качество поддержки. Кроме того, среда разработки должна предотвращать простые ошибки, что увеличивает скорость и качество разработки управляющих алгоритмов.

Обзор средств разработки IDE проблемно-ориентированных языков. Проблемно-ориентированные языки (Domain Specific Language, DSL) позволяют увеличить продуктивность, устойчивость, портируемость

и качество поддержки программ, а также проводить валидацию и оптимизацию на уровне абстракций предметной области. К недостаткам DSL относят необходимость потратить усилия на разработку языка, переобучение персонала, также существуют проблемы баланса между концепциями предметной области и конструкциями программирования общего назначения, трудности создания среды разработки и отладки. Для увеличения скорости и качества разработки инструментария созданы специальные DSL, их область – разработка трансляторов, сред разработки и отладчиков для проблемно-ориентированных языков программирования. Ниже рассмотрены некоторые из них.

Khepera [5] использует уже существующие и отлаженные инструменты – *YACC* и *Lex* [6] для синтаксического и лексического анализа. Соответственно, пользователю необходимо иметь навыки работы с *YACC* и *Lex*. Полученный таким образом парсер целевого языка линкуется с библиотекой *Khepera*, позволяющей проводить отладку целевого DSL и просматривать поэтапные трансформации токенов абстрактного синтаксического дерева по мере трансформации из исходного кода в целевой. Таким образом находится соответствие для точек останова для целевого DSL и сгенерированного кода. Достоинствами этой системы являются возможность отладки и отсутствие привязки транслятора к каким-либо интегрированным средам разработки, к недостаткам относится отсутствие функционала создания среды разработки.

Simpl [7] – набор инструментов для разработки DSL, он также не привязан ни к какой из сред разработки и позволяет автоматически по спецификации целевого языка генерировать плагин для *Eclipse*, к недостаткам относится отсутствие возможности отладки полученного целевого DSL.

Следующие два продукта: *Eclipse Modeling Framework* [8] (EMF) и *Jetbrains Meta Programming System* [9] (MPS) из перечисленных инструментов обладают наиболее богатым функционалом, оба основаны на средах разработки для Java – *Eclipse* и *IDEA* соответственно.

Eclipse EMF – это экосистема из набора библиотек, фреймворков, и инструментов для использования *Model-Driven Architecture* (MDA), *DSL*. В его состав входят фреймворки и плагины для разработки текстовых и графических DSL, синтаксических и лексических анализаторов, генераторов кода. Также эта среда позволяет реализовать отладчик целевого DSL.

Jetbrains MPS – проекционный инструмент для разработки языков, это означает, что грамматика и парсер не используются. Вместо этого изменения в редакторе вносит напрямую абстрактное синтаксическое дерево, которое «проецируется» на экран в виде структурированного текста и графики. Как следствие, MPS поддерживает смешанные нотации (текстовые, символические, графические) и широкий спектр инструментов

для разработки языков. Использование подхода *Khepera* и *Simpl* сопряжено с трудностями работы с низкоуровневыми синтаксическими и лексическими анализаторами YACC и Lex. Каждое из решений не позволяет одновременно получить отладчик и среду разработки для языка.

Более продвинутые MPS и EMF уменьшают трудоемкость разработки парсера. Кроме того, MPS и EMF имеют решения для разработки отладчика и создания среды разработки. По этим причинам они рекомендованы в качестве основы для разработки инструментария языка Рефлекс.

Заключение. В ходе исследования было проведено сравнение языка Рефлекс и других проблемно-ориентированных языков, обоснована необходимость разработки среды разработки для Рефлекса и предложены продукты *Eclipse EMF* и *Jetbrains MPS* в качестве основы для разработки инструментария DSL.

Библиографический список

1. Зюбин В.Е. Программирование информационно-управляющих систем на основе конечных автоматов: учеб.-метод. пособие / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 96 с.
2. Язык Рефлекс [Электронный ресурс]. – URL: <http://reflex-language.narod.ru>
3. Петров И.В., Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
4. Pointon R., Michaelson G., Hammond K. The Hume Report. – URL: <http://www-fp.cs.st-andrews.ac.uk/hume/report/hume-report.pdf>
5. Rickard E. Faith, Lars S. Nyland, Jan F. Prins KHEPERA: A System for Rapid Implementation // Proceedings of the Conference of Domain Specific Languages. – Oct. 1997.
6. Ахо А., Лам М., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий. – М.: Вильямс, 2003. – 768 с.
7. Freudenthal M. Simpl: a Toolkit for Rapid DSL Implementation // Proceedings of 12th Symposium of Programming Languages and Software Tools. – Tallinn, Estonia, 2011.
8. EMF: eclipse modeling framework / D. Steinberg [et al.]. – Pearson Education, 2008.
9. Jetbrains MPS [Электронный ресурс]. – URL: <http://jetbrains.com/mps>

ИССЛЕДОВАНИЕ КАНАЛОВ С ПАМЯТЬЮ, ОПИСЫВАЕМЫХ МОДЕЛЬЮ ПУРТОВА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ *MATLAB*

Магистрант гр. ТК-12м А.П. Пирожков

Научный руководитель – канд. техн наук, доцент *В.И. Фрейман*

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Для обеспечения требуемых качественных характеристик систем передачи информации необходимо определить модель ошибок в канале связи. Поэтому на этапе проектирования важно правильно выбрать и рассчитать модель канала связи. Анализ одной из моделей канала связи посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: модель канала с памятью; модель ошибок; вероятность ошибки; среда моделирования; модель Пуртова.

THE RESEARCH OF CHANNELS WITH MEMORY, DESCRIBED BY THE PURTOV MODEL, USING MATLAB SIMULATION AND DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Undergraduate Student gr. TK-12m A.P. Pirozhkov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *V.I. Freyman*

Perm National Research Polytechnic University

To provide the required quality characteristics of the data transmission systems it is necessary to define an error model of the communication channel. Because at the designing stage it's very important to choose and calculate a correct model of the communication channel. This article is describing an analysis of the one of communication channels models.

Keywords: channel model with memory; error model; error probability; simulation and development environment; Purto model.

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, 2]. 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 Пуртова), выполненной в среде моделирования *MatLab* [3].

1. Дискретный канал с памятью, описываемый моделью Пуртова. Введем ряд понятий (сущностей), определений и обозначений [1]. Множество состояний канала с памятью (КСП) характеризует конечное множество состояний, в которых может находиться КСП. Обозначим через R мощность этого множества. Например, $R = 2$ означает, что КСП может находиться в двух состояниях: G («good – хорошее») и B («bad – плохое»). Если параметр $R = 3$, то КСП может находиться в трех состояниях: $\{G, GB, B\}$ и т.д. В общем случае обозначим состояния КСП через переменную 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 Пуртова, 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. Пакетирующиеся ошибки являются достаточно распространенной моделью, описывающей поведение реальных каналов связи, поэтому исследование таких моделей актуально.

Модель дискретного канала с памятью, предложенная Л.П. Пуртовым, является многопараметрической и достаточно сложной. В то же время для практического использования им рекомендуется двухпараметрическая упрощенная модель, которая и будет рассмотрена ниже [1].

Согласно рассматриваемому подходу вероятность искажения серии из n элементов, передаваемой по каналу с пакетирующимися ошибками, определяется как

$$P(\geq i, n) \approx n^{1-\alpha} \cdot p. \quad (1)$$

Параметры модели: α – коэффициент пакетирования (группирования) ошибок; p – вероятность ошибки на символ. При $\alpha \rightarrow 0$ $P(\geq 1, n) = n \cdot p$, т.е. выражение совпадает с оценкой вероятности искажения в канале

с независимыми ошибками [1]. При $\alpha \rightarrow 1$ $P(\geq 1, n) = p$, т.е. при любом искажении символа начинается пакет ошибок. Формула для определения коэффициента группирования [4]:

$$\alpha \approx (\ln(k) - \ln(k_1)) / \ln(k), \quad (2)$$

где k_1 – количество искажений в блоках; k – общее количество ошибок во всех искаженных блоках. Вероятность ошибки кратности не меньше i в серии длины n определяется как

$$P(\geq i, n) = (n/i)^{i-\alpha} \cdot p. \quad (3)$$

Вероятность i -кратной ошибки в серии длины n определяется следующим образом:

$$P(i, n) = (n/i)^{i-\alpha} \cdot p - (n/(i+1))^{i-\alpha} \cdot p. \quad (4)$$

В заключение отметим, что, как показали экспериментальные исследования, большое количество современных каналов связи достаточно корректно описывается моделями дискретного канала с памятью.

2. Разработка методического и программного обеспечения лабораторной работы. В качестве среды для моделирования алгоритма по методу Пуртова была выбрана среда *MatLab* как среда, широко используемая при обучении в технических сферах [3, 5, 6]. Также на основе этой среды была разработана базовая программа, включающая с себя алгоритмы вычисления по методам Гильберта и Гильберта–Эллиота [7]. Она позволяет без дополнительной графической нагрузки на студента в понятном и доступном виде представить результаты вычисления для дискретного канала с заданными характеристиками [3]. Программа дает возможность наглядно увидеть результаты вычисления параметров для данной последовательности, которые ее характеризуют по модели Пуртова: длина последовательности, количество ошибок, количество пакетов, вероятность ошибок, коэффициент пакетирования и т.д. Данная программа позволяет проводить анализ по уже заданной в ней последовательности, а также по последовательностям, сгенерированным случайным образом, имитирующим канал с независимыми и пакетирующимися ошибками, которые студент может выбрать самостоятельно.

На рис. 1 приведены экранная форма результатов работы программы расчета канала с памятью по модели Пуртова. Она позволит студентам сравнить результаты аналитического (выполненного в рамках расчетной части работы) и программного моделирования.

```
Длина защитного интервала:  
    3  
  
Поток ошибок при последовательности, заданной вручную:  
Модель Пуртова  
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000  
  
Длина последовательности:  
    16511  
  
Пакета (ов) :  
    2  
  
Ошибок:  
    5  
  
Коэффициент пакетирования:  
    0.4406  
  
P(>1,n)  
    9.6905e-004  
  
Вероятность 2х кратной ошибки  
    1.3344e-004  
  
Вероятность 3х кратной ошибки  
    7.7910e-005
```

Рис. 1. Экранные формы результатов работы программы расчета канала с памятью по модели Пуртова

```
1  
2 - clear all;  
3 - d1=3; %ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ИНТЕРВАЛА  
4 - d12=3; %ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕРВАЛА ВХОЖДЕНИЯ В ПЛОХОЕ СОСТОЯНИЕ  
5 - % (ГИЛЬБЕРТ ЭЛЛИОТ)  
6  
7 - model=3; %1 Гильберта  
8 - %2 Гильберта Эллиота  
9 - %3Пуртова (в разработке)  
10  
11  
12 - vbyor=1; %1 Вручную  
13 - %2 - Нормальный закон распределения  
14 - %3 - Пакерлирующиеся ошибки  
15  
16  
17 - N1 = 70; %ВВЕДИТЕ ДЛИНУ СТРОКИ  
18  
19 - m=0 %МАТ ОЖИДАНИЕ  
20 - e=0.6  
21 - %СИГМА  
22 - ge=0.1 %коэффициент для расчета вероятности при  
23 - %количестве пакетов и их длины при пакетирующихся ошибках  
24 - % оптимальное значение - 0.1  
25  
26 - if vbyor==1  
27 - a='11100010010';|
```

Рис. 2. Интерфейс программы расчета канала с памятью по моделям Гильберта, Гильберта–Эллиота, Пуртова

Данная программа представляет собой m-файл, написанный на языке m-script, разработанный для среды *MatLab*. В первых строках задается некоторая последовательность потока ошибок (в нашем случае – искаженная последовательность) (рис. 2), которую студент может редактировать и вписать любую свою последовательность, которую ему необходимо исследовать, либо задать вид случайной последовательности в зависимости от типа канала. Изначально данная программа успешно выполняла свои функции по вычислению параметров других моделей канала, и разработка велась на ее базе с небольшими дополнениями: для корректных результатов, изначальная последовательность увеличивается, дополняясь нулевыми значениями, имитируя некоторые реальные каналы передачи по полученным результатам.

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 для заданной последовательности.

В процессе лабораторной работы студент получает практические навыки как расчета модели канала с памятью (вручную рассчитав необходимые параметры самостоятельно на примере заданной преподавателем последовательности), так и анализа случайно сгенерированных последовательностей на основе различных законов распределения. Также предполагается дополнение функциональности данной программы, например, иллюстрации данных с помощью графиков и т.д. Это позволит улучшить восприятие студентами рассматриваемых сложных теоретических и практических вопросов.

Библиографический список

1. Кон Е.Л., Фрейман В.И. Теория электрической связи. Помехоустойчивая передача данных в информационно-управляющих системах: модели, алгоритмы, структуры. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 317 с.

2. Пахомов Г.И., Фрейман В.И. Теория электрической связи. Основные понятия: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 115 с.
3. 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.
4. URL: <http://lib2.podelise.ru/docs/774/index-128529-1.html?page=4> (дата обращения: 28.10.2013).
5. Пирожков А.П., Фрейман В.И. Исследование эффективного кодирования в системах передачи и хранения информации // Научные исследования и инновации. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 214–222.
6. Пирожков А.П., Фрейман В.И. Изучение эффективного (экономного) кодирования данных в телекоммуникационных системах в рамках лабораторного практикума // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: материалы 6-й Междунар. науч.-техн. интернет-конф.; 1–30 ноября 2012 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 308–317.
7. Пирожков А.П., Фрейман В.И. Исследование каналов с памятью, описываемых моделью Гильберта, с использованием среды моделирования MatLab // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика (INNOTECH 2012): материалы IV Междунар. интернет-конф. молод. ученых, аспирантов, студентов; 1 ноября 2012 г. – 31 декабря 2012 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – С. 318–323.

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ МОДУЛЯ УДАЛЕННОГО КОНФИГУРИРОВАНИЯ MY-JEVIS ДЛЯ СИСТЕМЫ JEQTS

Аспирант А.А. Темичев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

М. Брайан

Компания «Envidatec GmbH», Германия

Рассматриваются алгоритмы конфигуратора для реестра системы энергомониторинга *My-JEVis*. Приведена структура файла реестра. Конфигуратор, входящий в состав системы тестирования *JEQTS*, позволяет автоматизировать создание тестовых случаев, что значительно снижает количество рутинной работы.

Ключевые слова: алгоритм; конфигурация; мониторинг.

ALGORITHMS OF WORK OF REMOTE CONFIGURATING MODULE OF MY-JEVIS FOR JEQTS SYSTEM

Graduate Student A.A. Temichev

Perm National Research Polytechnic University

M. Bryan

«Envidatec GmbH» Company, Germany

In this paper algorithms of configurator for registry of *My-JEVis* energy monitoring system are considered. The structure of the registry file is shown. The configurator as part of the *JEQTS* testing system allows to automate the creation of test cases, which significantly reduces the amount of routine work.

Keywords: algorithm; configuration; monitoring.

Тестирование сложных информационных систем является сложной и трудозатратой операцией как с точки зрения человеческих ресурсов, так и временных затрат. Для сокращения издержек, возникающих при тестировании, возникает стремление к большей автоматизации этапов тестирования [1]. Рассмотрим автоматизацию этапов тестирования на примере системы тестирования *JEQTS* для системы удаленного [2] мониторинга параметров энергетического оборудования *My-JEVis* [3] компании *Envidatec GmbH* (Германия)

Одним из этапов при тестировании системы *My-JEVis* является создание иерархии узлов реестра *My-JEVis*: узлы – устройства, узлы –

данные, узлы – папки. На данный момент, если оператор хочет протестировать систему *My-JEVis*, например со 100 устройствами [4], он вынужден помимо узла устройства создавать специальные служебные узлы, хранящие данные, поступающие с устройства, узлы – анализаторы данных. Таким образом, одной из задач автоматизации этапов тестирования *My-JEVis* видится создание модуля удаленного конфигурирования *My-JEVis* из специального, ранее созданного шаблона формата XML, отражающего типы и иерархию создаваемых узлов, вида

```

<ROOT_TEMPLATE >
  <REGISTRY_TREE>
    <ROOT_NODE>
      <NODE_PROPERTIES>
        <PROPERTY/>
        ...
        <PROPERTY/>
      </NODE_PROPERTIES>
      <CHILD_NODE>
        ...
        </CHILD_NODE>
      ...
    </ROOT_NODE>
    ...
  </REGISTRY_TREE>
</ROOT_TEMPLATE>

```

где xml тэг:

- 1) REGISTRY_TREE – содержит всю иерархию создаваемых узлов;
- 2) ROOT_NODE – представляет узел верхнего уровня реестра;
- 3) CHILD_NOD – представляет любого потомка ROOT_NODE;
- 4) NODE_PROPERTIES – содержит блок свойств узла реестра;
- 5) PROPERTY – представляет свойство узла реестра.

В соответствии с задачами удаленного конфигурирования были разработаны блок-схемы алгоритмов, отражающие работу модуля удаленного конфигурирования узлов реестра *My-JEVis* (рис. 1, 2, 3).

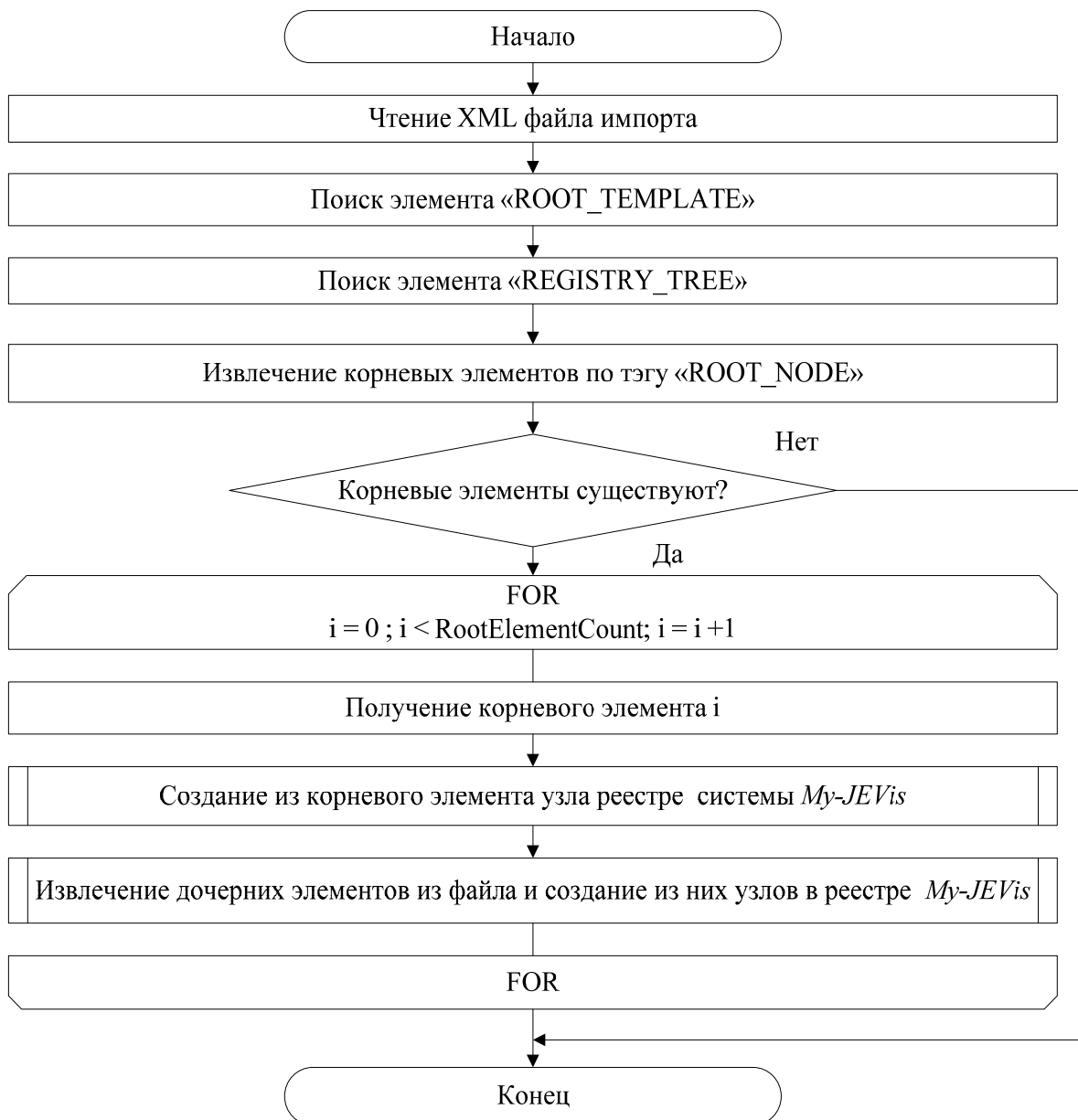


Рис. 1. Алгоритм импорта реестра в систему *My-JEVis*

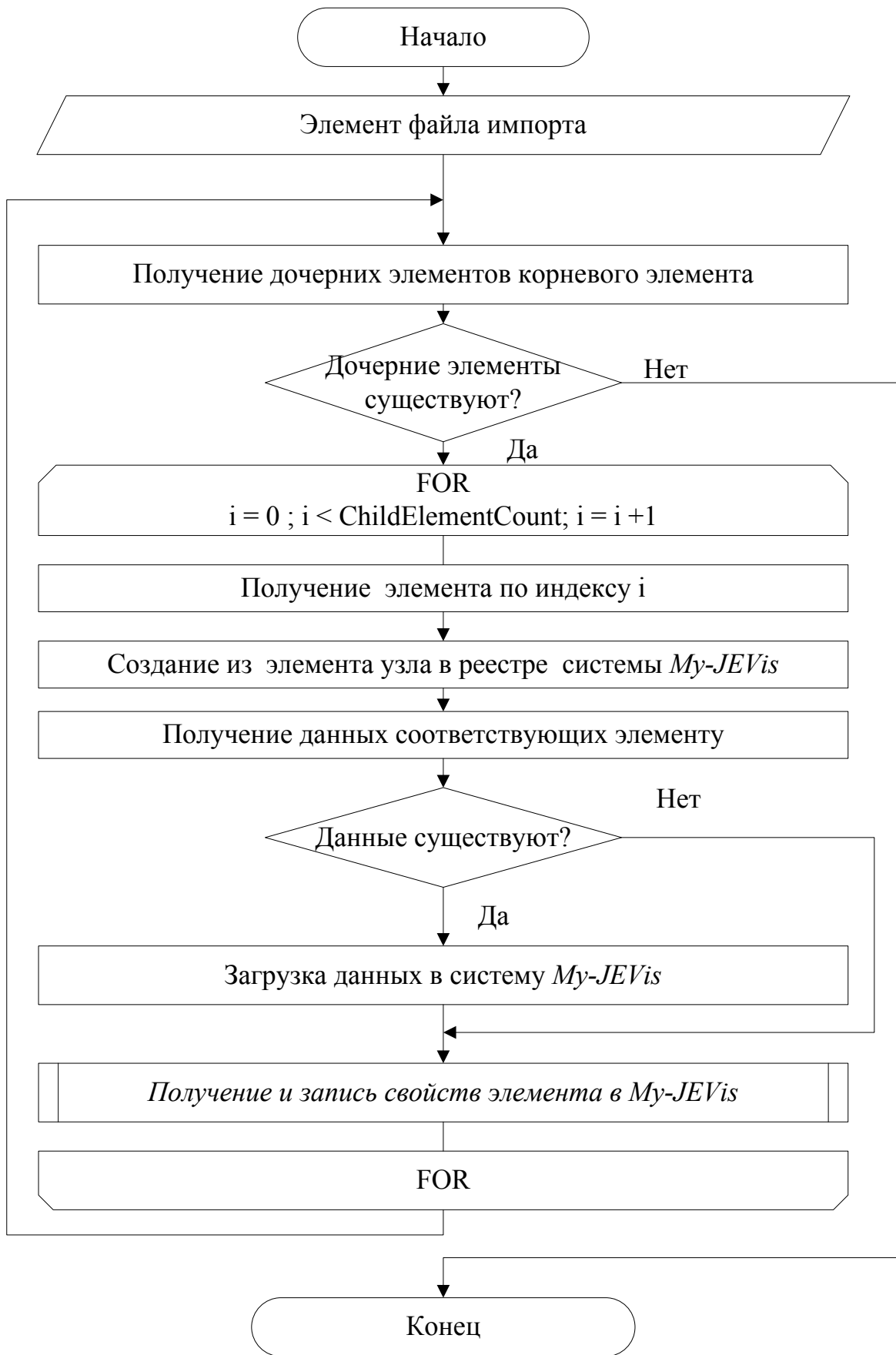


Рис. 2. Алгоритм получения из файла узлов и импорт их в реестр *My-JEVis*

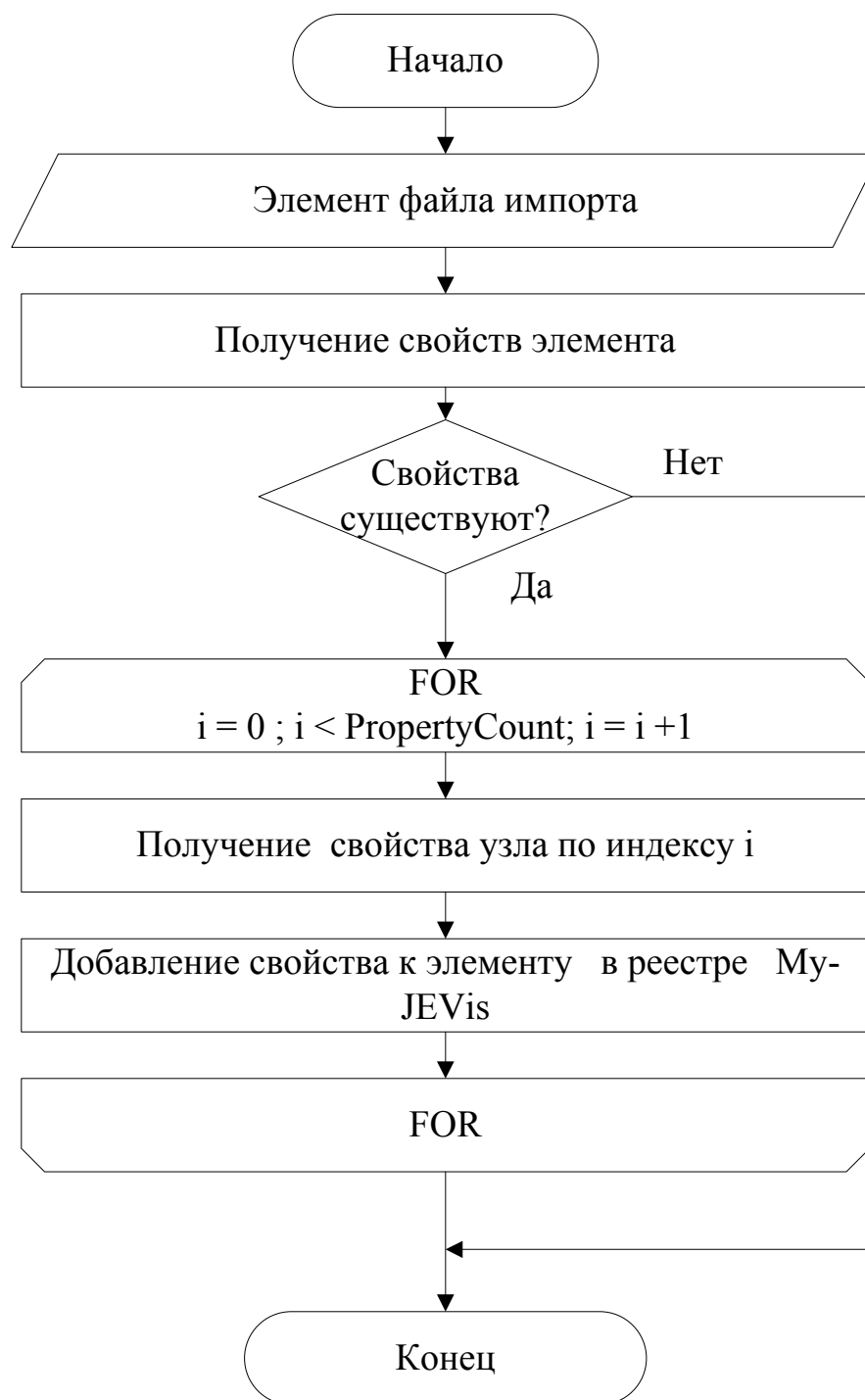


Рис.3. Алгоритм получения свойств узлов из файла и импорт их в реестр *My-JEVis*

В статье были рассмотрены алгоритмы работы модуля удаленной конфигурации *My-JEVis*. Разработанный модуль позволяет автоматизировать процесс создания и конфигурирования необходимого количества симулируемых системой тестирования JEQTS ПЛК типа VIDA350, избавив оператора от рутинной работы по созданию и конфигурированию программируемых логических контроллеров линейки VIDA 350 вручную.

Библиографический список

1. Флориан С., Темичев А.А., Кычкин А.В., Эффективная конфигурация JEQTS-тестера системы мониторинга энергоданных MY-JEVIS // «Энергетика. Инновационные направления в энергетике CALS – технологии в энергетике», материалы VI Всерос. науч.-практ. интернет-конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. 2012. – С. 180–191.
2. Развитие сетевой инфраструктуры системы энергоменеджмента Му-JEViS в российских условиях / А.А. Темичев, Т. Франк, А.В. Кычкин, Е.И. Андреев // Наука сегодня: теоретические аспекты и практика применения: сборник науч. тр. по материалам междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес–Наука–Общество», 2011. – С. 128–129.
3. Документация компании «ENVIDATEC» GmbH [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.envidatec.com>
4. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – Пермь, 2011. – № 5. – С. 210–220.

ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аспирант А.А. Темичев

Научный руководитель – д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассмотрены понятие и структура распределенной системы мониторинга. Приведены методы тестирования программного обеспечения с точки зрения специфики работы системы мониторинга, направленные на повышение качества функционирования системы с точки зрения стабильности, масштабируемости, безопасности, производительности и отказоустойчивости.

Ключевые слова: распределенная система мониторинга; программное обеспечение; тестирование; производительность.

THE APPROACH TO SOFTWARE TESTING OF DISTRIBUTED SYSTEMS MONITORING DURING THE OPERATION PHASE

Graduate Student A.A. Temichev

Scientific adviser: Doctor of Economics Sciences, Professor *R.A. Fayzrakhmanov*
Perm National Research Polytechnic University

The concept and structure of a distributed of monitoring system were considered. Methods of testing software from the point of view of applicability to the of monitoring system aimed at improving the quality of the system with perspective of stability, scalability, security, performance and availability were shown.

Keywords: distributed monitoring system; software; testing, performance.

Современная промышленность в настоящее время немислима без использования различных систем, позволяющих получать информацию о ходе производственных процессов, данные о работе удаленного оборудования, имеющего большой территориальный разброс и т.д. Выполнение таких операций затруднительно без создания специальных автоматизированных систем, получивших названия системы удаленного мониторинга.

Системы мониторинга являются сложными распределенными системами, состоящими из многих взаимодействующих программно аппаратных компонентов.

Хотя обе части и программная, и аппаратная являются неотъемлемыми компонентами системы мониторинга, на рисунке можно видеть, что большая часть ответственности с точки зрения стабильности, масштабируемости, безопасности, производительности, стрессо- и отказоустойчивости приходится на программную составляющую и может быть улучшена повышением эффективности ее работы.

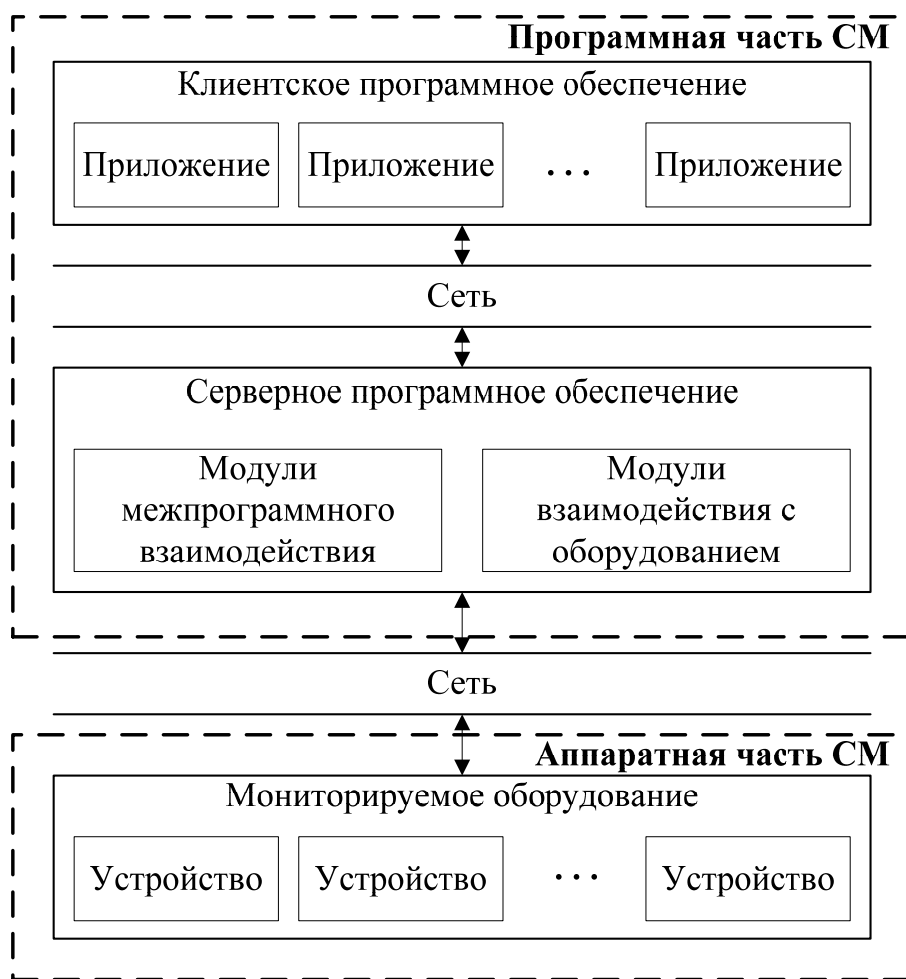


Рис. Структура распределенной системы мониторинга (СМ – система мониторинга)

К аппаратной части распределенных систем мониторинга принято относить:

1) аппаратную платформу, на которой функционирует программное обеспечение системы мониторинга. Как правило, это сервер или несколько серверов определенной конфигурации;

2) мониторируемое оборудование, с которого осуществляется сбор информации о его состоянии с помощью специальных датчиков. Примером таких датчиков могут служить датчики давления, потребления электричества, воды, газа и т.п.

Для выполнения тестирования программного обеспечения существует множество методов [1]. В данной статье будут рассмотрены методы, применимые для тестирования программного обеспечения системы мониторинга на этапе эксплуатации или введения в эксплуатацию.

К методам, наиболее подходящим к тестированию программного обеспечения систем мониторинга с целью увеличения производительности и повышения надежности, можно отнести следующие:

1. Нагрузочное тестирование – осуществляет определение или сбор показателей производительности и времени отклика программно-технической системы или устройства в ответ на внешний запрос с целью установления соответствия требованиям, предъявляемым к данной системе (устройству).

2. Стресс-тестирование – оценивает надежность и устойчивость системы в условиях превышения пределов нормального функционирования. Стресс-тестирование особенно необходимо для «критически важного» ПО, однако также используется и для остального ПО. Обычно стресс-тестирование лучше обнаруживает устойчивость, доступность и обработку исключений системой под большой нагрузкой, чем то, что считается корректным поведением в нормальных условиях.

3. Тестирование стабильности – осуществляет проверку работоспособности приложения при длительном тестировании с ожидаемым уровнем нагрузки.

4. Тестирование безопасности – оценка уязвимости программного обеспечения к различным атакам.

Приведя основные методы тестирования, применимые к тестированию программного обеспечения распределенных систем мониторинга, рассмотрим особенности их применения к уже эксплуатируемой системе мониторинга.

При обычном тестировании программного обеспечения системы мониторинга, выполняемом на этапе разработки, тестирование ПО всей системы производится в определенный срез времени, как правило, при завершении разработки системы (тестирование альфа- и бета-версий системы и т.п.).

Повторное тестирование и оценка работоспособности программного обеспечения системы мониторинга в процессе ее эксплуатации могут требоваться в следующих случаях:

- 1) при расширении сети мониторируемого оборудования;
- 2) при наличии в системе блуждающих ошибок, характер работы которых невозможно предсказать без тщательного тестирования;
- 3) при возникновении потери или порчи данных по неизвестной причине.

При длительной эксплуатации произвести повторное тестирование, в случае возникновения некорректного поведения системы очень часто не представляется возможным вследствие того, что система мониторинга

является запущенной на реальном оборудовании, что не позволяет нагружать ее предельными стрессовыми нагрузками с целью проверки ее работоспособности, так как это может привести к перегрузке и потере ценной информации, обернуться как финансовыми, в случае расчетов по неверным данным, так и материальными потерями в случае поломки оборудования вследствие потери или искажения данных о его состоянии. Также трудоемким является процесс оценки расширяемости системы, так как запуск системы на максимально возможном количестве оборудования не представляется возможным в силу недоступности большого количества реального оборудования.

Как выход из вышеописанных сложностей в тестировании программного обеспечения систем мониторинга видятся специальные решения, наделенные следующими возможностями:

1. Возможность симуляции [2] потоков данных, идущих с удаленного оборудования, что позволит подключать к системе мониторинга произвольное количество мониторируемых единиц с целью проведения испытаний и оценки эффективности работы системы по определенной методике путем настройки симулируемых потоков данных.

2. Возможность наблюдения за всеми необходимыми параметрами системы мониторинга для сбора хронологической информации о функционировании системы.

3. Возможность анализа собранной информации с целью извлечения закономерностей, при которых возможно возникновение некорректного поведения [3].

4. Возможность построения на основе полученной информации специальных сценариев работы виртуального оборудования с целью поиска ситуаций возникновения ошибок и путей для их локализации.

5. Наличие средств анализа информации на основе методов искусственного интеллекта, что позволит автоматизировать процесс оценки эффективности и поиска ошибок в программном обеспечении систем мониторинга, уменьшить влияние человеческого фактора на процесс оценки эффективности, охватить большее количество тестовых сценариев.

Рассмотрев методы тестирования программного обеспечения распределенных систем мониторинга, были выяснены и описаны особенности и трудности их применения в контексте тестирования программного обеспечения систем мониторинга на этапе эксплуатации. Предложены пути преодоления описанных сложностей.

Библиографический список

1. Naik K., Tripathy P. Software Testing and Quality Assurance: Theory and Practice. – New Jersey: Publisher John Wiley & Sons, 2008. – 648 p.
2. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – Пермь, 2011. – № 5. – С. 210–220.
3. Флориан С., Темичев А.А., Кычкин А.В. Эффективная конфигурация JEQTS-тестера системы мониторинга энергоданных MY-JEVIS // Энергетика. Инновационные направления в энергетике CALS – технологии в энергетике: материалы VI Всерос. науч.-практ. интернет- конф. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 180–191.

РЕАЛИЗАЦИЯ B+ ДЕРЕВА НА ШАБЛОНАХ КЛАССОВ C++

Старший преподаватель В.А. Гурко
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассматриваются вопросы использования шаблонов классов языка программирования C++ для реализации алгоритмов работы со сбалансированным деревом поиска B+ во внешней памяти. Предлагается вариант реализации произвольного доступа к записям фиксированной длины, хранящимся в файлах на внешних носителях.

Ключевые слова: сбалансированное дерево поиска B+, язык программирования C++, класс, шаблон класса, шаблон функции, параметр шаблона, данные, ключ, запись, внешняя память.

IMPLEMENTATION OF B+ TREES USING CLASS TEMPLATES IN C++

Assistent Professor V.A. Gurko
Perm National Research Polytechnic University

This article describes the use of class templates in C++ programming language to implement algorithms of a balanced B+ tree stored in the external memory. Implementation of fixed length records random access is proposed.

Keywords: balanced B+ search tree, C++ programming language, class, class template, function template, template parameter, data, key, external memory.

Шаблоны C++ позволяют создавать параметризованные классы и кодировать обобщенные алгоритмы без привязки к конкретным типам данных. Шаблон позволяет исключить необходимость писать отдельные функции для каждого типа данных, которые при использовании шаблонов берутся в качестве параметров в определении класса. Шаблон зависит только от используемых свойств типа данных своего параметра и не требует, чтобы типы используемых аргументов были явно связаны, например единой иерархией наследования. Техника использования шаблонов позволяет разрабатывать и реализовывать стандартные библиотеки для эффективного решения широкого круга задач, скрывая сложность реализации за простым и понятным интерфейсом [1].

Одной из задач, решение которой с помощью шаблонов рассматривается в данной статье, является реализация алгоритмов работы со структурой данных, известной как B+ дерево. Эта структура данных представляет собой сбалансированное дерево поиска и широко применяется для хранения данных в блок-ориентированной памяти с целью обеспечения эффективного произвольного доступа к данным [2]. В отличие от бинарного дерева поиска B+ деревья обладают большой степенью ветвистости, то есть

большим числом указателей на дочерние узлы, что сокращает необходимое количество операций ввода-вывода, необходимых для поиска элемента в дереве. В В+ дереве также легко реализуется независимость программы от структуры информационной записи.

Первоначально идея разработки алгоритма В+ дерева на шаблонах классов С++ возникла при разработке специализированной базы данных, состоящей из единственного массива очень большого количества записей фиксированной длины, состоящих из чисел с фиксированной и плавающей запятой. Особенностью задачи являлось практически полное отсутствие необходимости удаления данных, условием реализации – несвязанность с применением систем управления базами данных, а критерием эффективности реализации – минимальное время доступа к произвольному набору из сотен тысяч записей, хранящихся в файле внешней памяти. Предлагаемая реализация включает следующую иерархию классов:

```
cache |
base_io
base_index |
idx |
dbase
```

Класс `cache` является виртуальным базовым классом кэша внешней дисковой памяти. Объект класса `cache` представляет собой отображение страниц внешней памяти, содержащих узлы дерева, во внутренней памяти компьютера. Методы этого класса обеспечивают выделение и освобождение памяти кэша страниц, отслеживание признаков обновления, блокировки и выбора страницы для своппинга. Этот класс наследует низкоуровневые классы словаря блоков описания страниц внешней памяти, построенного на бинарном дереве.

Базовый класс операций ввода-вывода `base_io` наследует класс `cache` и содержит методы чтения, записи, создания файлов страниц данных и индексов во внешней памяти, отслеживания числа блоков и состояния операций ввода-вывода. Членом класса является класс `/stream` стандартной библиотеки языка С++.

Производным базового класса ввода-вывода является базовый класс узлов В+ дерева `base_index`, включающий конструктор структуры В+ дерева. В защищенной части класса находятся методы создания, удаления узлов дерева и управления корневым узлом. Методы этого класса не зависят от структуры ключа, и по этой причине они выделены в отдельный класс, не требующий параметризации.

Следующие два уровня являются шаблонами классов, параметры которых – это внешние классы ключей Key и информационной записи Rec, требования к которым будут рассмотрены ниже.

Шаблон класса idx является реализацией методов сбалансированного B+ дерева с ключами определенного типа. В общедоступной (public) части этого класса реализованы параметризированные шаблоны функций-членов следующих методов:

- seek(const Key&) – поиск ключа;
- append_key(const Key&, int) – добавление ключа;
- delete_key(const Key&) – удаление ключа;
- gotorQ, gobottomQ, skip(int) – перемещение по ключам;
- resnoQ – определение текущего номера ключа.

Кроме этого, в этом классе в процессе отладки реализована вспомогательная функция отображения ветвей и листьев дерева. В защищенной (protected) части класса реализованы функции вставки ключа, удаления ключа и объединения узлов B+ дерева. Таким образом, шаблон класса idx включает все методы работы со сбалансированным деревом поиска, узлы которого хранятся в виде страниц или блоков в отдельном файле внешней памяти.

Верхний уровень иерархии классов представляет собой шаблон класса dbase и обеспечивает методы быстрого доступа к упорядоченному набору данных фиксированной длины в файлах внешней памяти. В public части класса на основе параметризированных шаблонов функций-членов реализованы следующие методы:

- append(Rec&) – добавление записи;
- read(Rec&), read(Rec&, int) – чтение записи по ключу и по номеру;
- replace(Rec&), replace(Rec&, int) – замена записи с указанным ключом или номером;
- reindexQ – перестроение B+ дерева;
- packQ – перестроение B+ дерева с перезаписью файла данных и удалением записей, удовлетворяющих условию удаления;
- rescountQ – определение количества записей.

Конструктор класса dbase имеет один обязательный параметр – имя файла во внешней памяти. Если файл данных и файл узлов дерева существуют, эти файлы открываются. Если файлы не существуют, они создаются из конструктора. Вызов деструктора приводит к записи всех изменений в кэше узлов B+ дерева во внешний файл, закрытию файлов индексов и данных и освобождению используемой памяти.

Параметрами шаблонов классов реализации В+ дерева idx и dbase являются два класса: класс ключей <class Key> и класс записей <class Rec>, которые должны удовлетворять следующим минимальным требованиям.

Класс ключей должен иметь правильно определенные операторы сравнения на равенство operator ==, сравнения на меньше operator < с константными параметрами и оператор присваивания operator =, а также конструктор из объекта класса записей: int operator == (const Key &) const; int operator < (const Key &) const; Key& operator = (const Key &);

Класс записей должен иметь функцию-член или дружественную функцию deletedQ, возвращающую ненулевое целое число, если запись по каким-либо признакам предназначена для удаления, а также оператор sizeof, возвращающий длину объекта этого класса.

Если эти условия выполнены, шаблоны классов idx и dbase автоматически расширяются компилятором до полных определений классов так, как это необходимо для структур данных ключей и записей соответствующего типа.

Полученная реализация обладает простым и понятным программным интерфейсом и может быть использована для организации хранения во внешней памяти больших массивов данных произвольного типа без необходимости применения систем управления базами данных. Отличительной особенностью этого решения является простота переноса на любую аппаратно-программную платформу, для которой существуют компилятор и стандартные библиотеки языка С++. Решение успешно использовано для хранения массивов записей числовых данных, а также структурированной текстовой информации на примере классификатора регионов, городов, населенных пунктов и наименований улиц.

Библиографический список

1. Страуструп Б. Язык программирования С++: пер. с англ. – М.: БИНОМ, 2004.
2. Кнут Д.Э. Искусство программирования: в 3 т.: пер. с англ. / под ред. Ю.В. Козаченко. Т. 3: Сортировка и поиск. – М.: Вильямс, 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ КОЛМОГОРОВА НА СХЕМАХ «ГИБЕЛИ И РАЗМНОЖЕНИЯ» В *GPSS WORLD* И *ANY LOGIC*

Студентка группы ИВТ-10д М.В. Голохвастова

Научный руководитель – д-р техн. наук А.В. Затонский

Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Путем имитационного эксперимента в различных моделирующих пакетах исследована применимость теоремы Колмогорова для различных статистических распределений потоков массового обслуживания в схеме гибели и размножения.

Ключевые слова: система массового обслуживания; теорема Колмогорова; имитационный эксперимент.

KOLMOGOROV'S THEOREM USING TO SCHEME OF «LIFE AND DEATH» WITH *GPSS WORLW* AND *ANY LOGIC*

Student IVT-10d M.V. Golohvastova

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor A. V. Zatonskiy
Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

Applicability of Kolmogorov's theorem is investigated with some simulation software for «life and death» scheme of queuing system. Different statistic distributions are used.

Keywords: Queuing system; Kolmogorov's theorem; simulation.

Важную роль во многих областях человеческой деятельности на сегодняшний день играет моделирование систем массового обслуживания (СМО). Моделирование позволяет получить различные характеристики системы и в соответствии с ними принимать решение по ее оптимизации. В связи с этим очень широкое применение в СМО нашли уравнения Колмогорова для предельных вероятностей, которые позволяют рассчитать вероятности для всех возможных состояний системы. Примерами СМО могут служить посты технического обслуживания автомобилей, аудиторские фирмы, персональные компьютеры, обслуживающие поступающие заявки, телефонные станции и многое другое.

Целью данного обзора является анализ соответствия теоретических результатов теоремы Колмогорова результатам, полученным экспериментально с помощью программ *GPSS World* и *Any Logic*.

Был произведен теоретический расчет предельных вероятностей для схем «гибели и размножения». Поскольку данные схемы могут быть с отказами и с ожиданием (очередью), в качестве примеров были рассмотрены две схемы: многоканальная система с отказами, также называемая задачей Эрланга, и одноканальная система с ограниченной очередью.

Многоканальная система. Допустим, существует система, состоящая из трех каналов, которые обслуживают заявки. Средняя интенсивность, с которой поступает поток заявок, $\lambda = 0,005$, а интенсивность потока обслуженных заявок $\mu = 0,0025$.

Исходя из данных задачи, можно полагать, что система может иметь четыре состояния: S_0 – состояние системы, при котором все три канала свободны; S_1 – состояние системы, при котором один канал занят; S_2 – состояние системы, при котором два канала заняты; S_3 – состояние системы, при котором три канала заняты. Пусть $p_0 \dots p_3$ – соответствующие вероятности состояниям $S_0 \dots S_3$. Начальные условия: $p_0(t) = 1$, $p_i(t) = 0$, $\forall i = 1, \dots, 3$.

Размеченный граф состояний представлен на рис. 1.

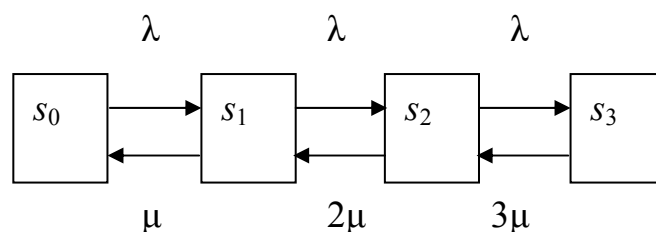


Рис. 1. Размеченный граф состояний для 3-канальной системы с отказом

Поток заявок последовательно переводит систему из любого левого состояния в соседнее правое с одной и той же интенсивностью λ . Интенсивность же потока обслуживаний, переводящих систему из любого правого состояния в соседнее левое, постоянно меняется в зависимости от состояния. Например, если СМО находится в состоянии S_2 , то она может перейти в состояние S_1 (один канал занят), когда закончит обслуживание либо первый, либо второй канал, то есть суммарная интенсивность их потоков обслуживаний будет 2μ .

Таким образом, согласно теореме Колмогорова в предельном стационарном режиме система алгебраических уравнений для вероятностей состояний имеет вид:

$$\begin{cases} \lambda \cdot p_0 = \mu \cdot p_1, \\ \lambda \cdot p_1 = 2\mu \cdot p_2, \\ \lambda \cdot p_2 = 3\mu \cdot p_3, \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1. \end{cases}$$

Следовательно, вероятности $p_0 \dots p_3$ определяются по формулам:

$$p_1 = \frac{\lambda \cdot p_0}{\mu} = 0,31579, \quad p_2 = \frac{\lambda \cdot p_1}{2\mu} = \frac{\lambda \cdot \lambda \cdot p_0}{2\mu \cdot \mu} = \frac{\lambda^2 \cdot p_0}{2\mu^2} = 0,31579,$$

$$p_3 = \frac{\lambda \cdot p_2}{3\mu} = \frac{\lambda^3}{6\mu^3} p_0 = 0,21053, \quad p_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{2!\mu^2} + \frac{\lambda^3}{3!\mu^3} \right)^{-1} = 0,15789.$$

Одноканальная система с ожиданием. Пусть имеется одноканальная система с очередью, емкость которой равна трем. Средняя интенсивность, с которой поступает поток заявок, $\lambda = 0,005$, а интенсивность потока обслуженных заявок $\mu = 0,0025$.

Данная система будет иметь пять возможных состояний: S_0 – состояние системы, при котором канал свободен и очереди нет; S_1 – состояние системы, при котором канал занят и очереди нет; S_2 – состояние системы, при котором канал занят и в очереди находится одна заявка; S_3 – состояние системы, при котором канал занят и в очереди находятся две заявки; S_4 – состояние системы, при котором канал занят и очередь полностью занята; $p_0 \dots p_4$ – соответствующие вероятности состояниям $S_0 \dots S_4$. Начальные условия: $p_0(t) = 1, p_i(t) = 0 \quad \forall i = 1, \dots, 4$.

Размеченный граф состояний для данной СМО будет похожим на граф для многоканальной системы без отказа, только интенсивность потока обслуживаний будет всегда равна μ .

Таким образом, согласно уравнениям Колмогорова в предельном режиме работы система алгебраических уравнений для вероятностей состояний будет следующей:

$$\begin{cases} \lambda \cdot p_0 = \mu \cdot p_1, \\ \lambda \cdot p_1 = \mu \cdot p_2, \\ \lambda \cdot p_2 = \mu \cdot p_3, \\ \lambda \cdot p_3 = \mu \cdot p_4, \\ p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1. \end{cases}$$

Следовательно, вероятности $p_0 \dots p_4$ будут определяются по формулам:

$$p_1 = \frac{\lambda \cdot p_0}{\mu} = 0,06452, \quad p_2 = \frac{\lambda \cdot p_1}{\mu} = \frac{\lambda \cdot \lambda \cdot p_0}{\mu \cdot \mu} = \frac{\lambda^2 \cdot p_0}{\mu^2} = 0,12903,$$

$$p_3 = \frac{\lambda \cdot p_2}{\mu} = \frac{\lambda \cdot \lambda^2 \cdot p_0}{\mu \cdot \mu^2} = \frac{\lambda^3 \cdot p_0}{\mu^3} = 0,25806,$$

$$p_4 = \frac{\lambda \cdot p_3}{\mu} = \frac{\lambda \cdot \lambda^3 \cdot p_0}{\mu \cdot \mu^3} = \frac{\lambda^4 \cdot p_0}{\mu^3} = 0,51613,$$

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda^2}{\mu^2} + \frac{\lambda^3}{\mu^3} + \frac{\lambda^4}{\mu^4}\right)^{-1} = 0,03226, \quad p_0 = (1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4)^{-1},$$

где $\rho = \lambda/\mu$ – интенсивность нагрузки канала.

Для решения второй задачи были реализованы программы в среде *GPSS World* для обоих видов СМО, а также построены схемы в *AnyLogic*. Ниже представлен листинг программы на GPSS для многоканальной системы с отказом:

```

kan storage 3 ; 3 канала
generate (Normal(1,200,0.01)) ; вид распределения
gate snf kan,out
enter kan
advance (Normal(1,400,0.01))
leave kan
terminate
out terminate
;=====
generate 1
savevalue 1,$$kan ; текущее содержимое storage
test e x1,0,met1 ; если канал пустой, то +1, иначе на met1
savevalue empty+,1 ; канал пустой
terminate 1
;-----
met1 test e x1,1,met2
savevalue full1+,1 ; занят 1 канал
terminate 1
;-----
met2 test e x1,2,met3
savevalue full2+,1 ; 2 канала заняты
terminate 1
;-----
met3 test e x1,3
savevalue full3+,1 ; все 3 канала заняты
terminate 1
start 1000000

```


Для того чтобы понять, работает ли теорема Колмогорова с различными видами распределений в среде *GPSS World*, задавались различные функции непрерывных распределений и после компиляции программы фиксировался полученный результат. В ходе экспериментов использовались следующие виды распределений: равномерное (Uniform), нормальное (Normal), гамма-распределение (Gamma), экспоненциальное (Exponential), вейбулловское (Weibull), геометрическое (Geometric).

В *GPSS World* есть возможность задавать функции как с помощью библиотеки функций, так и «вручную», задавая при этом все точки функции самим. Некоторые функции задавались как вручную, так и с помощью функции.

Соответствующие вероятности в результате работы программы: $p_0 = 0,0002$, $p_1 = 0,000299$, $p_2 = 0,999403$ и $p_3 = 0,000089$, то есть не совпадают с расчетными.

Если вид распределения поменять, например, на экспоненциальное (заменить (Normal(1,200,0.01)) на (Exponential(5,0,200)), а (Normal(1,400,0.01)) на (Exponential(5,0,400))), то вероятности p_0 , p_1 , p_2 и p_3 равны соответственно 0,157, 0,306, 0,322, 0,215, то есть близки к расчетным. Для решения поставленной задачи, как упоминалось выше, в *AnyLogic* были построены схемы, соответствующие данным СМО (рис. 2, 3). После чего так же, как и в *GPSS World*, проводились эксперименты с использованием различных видов распределений и фиксировались результаты.

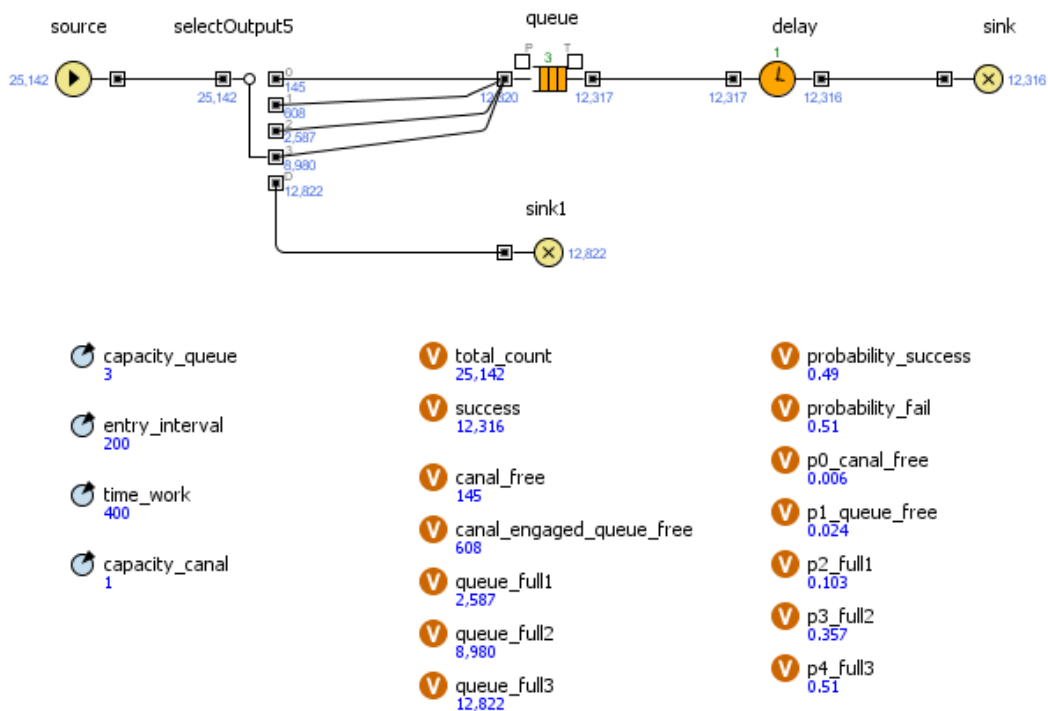


Рис. 2. Схема и полученные вероятности при экспоненциальном распределений для одноканальной системы с ограниченной очередью

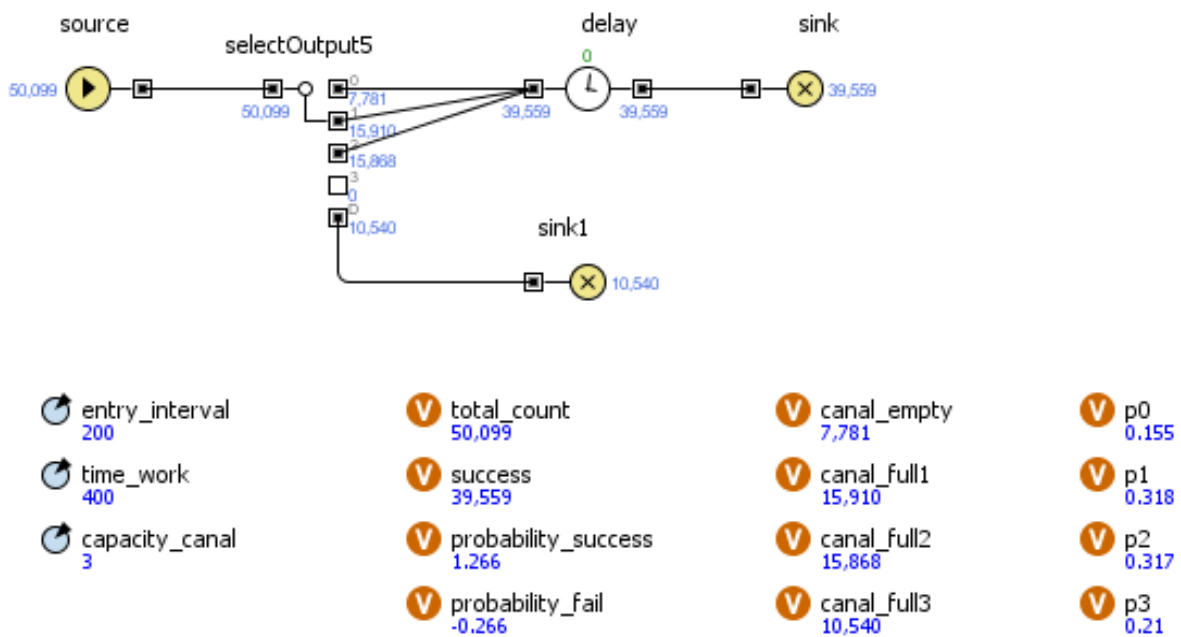


Рис. 3. Схема и полученные вероятности при экспоненциальном распределении для многоканальной системы с отказом

В итоге, если провести сравнение результатов, полученных практическим путем, с результатами теоретическими, то можно увидеть, что не при всяком виде непрерывного распределения вероятности совпадают. Например, при нормальном, равномерном видах распределений и распределениях со звездочкой (кроме экспоненциального) получаются вероятности с большими абсолютными погрешностями, максимальное значение которых может достигать 0,68321 для *GPSS World* и 0,51411 для *AnyLogic*. Иначе обстоят дела с гамма-экспоненциальным, вейбулловским, геометрическим распределениями и распределением Эрланга (распределения без звездочки). В данных распределениях абсолютная погрешность не превышает значения 0,00893 для *GPSS World* и 0,00297 для *AnyLogic*. Это свидетельствует о том, что результаты практически совпадают с теоретическими, но если обратиться к описанию этих функций, где прописаны все их параметры, то можно заметить, что данные распределения при определенных значениях параметров являются частным случаем экспоненциального распределения, т.е. те функции, которые задавались с измененными параметрами, например, параметр Shape (Shape=1 – эксп. распр.) у распределений Эрланга, гамма-, вейбулловский, который является параметром формы распределения, уже не совпадали с теоретическими. Таким образом, поставленная гипотеза не подтвердилась, и теорема Колмогорова работает только при экспоненциальном распределении плотности потока заявок.

Библиографический список

1. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS WORLD и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов. – СПб.: ВАС, 2011. – 404 с.
2. Саакян Г.Р. Теория массового обслуживания: конспект лекций. – Шахты: ЮРГУЭС, 2006. – 27 с.
3. Справка AnyLogic Advanced [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.anylogic.ru/anylogic/help/index.jsp?topic=/com.xj.anylogic.help/html/functions>
4. Моделирование непрерывных случайных величин – имитационное моделирование на GPSS [Электронный ресурс]. – URL: http://www.codingrus.ru/readarticle.php?article_id=3131

МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Магистрант группы ИВТ-13м Я.Ю. Варламов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *С.А. Варламова*
Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Выполнен обзор многоагентных систем и их ключевых особенностей. Выполнен анализ средств реализации многоагентных систем.

Ключевые слова: многоагентная система; агентная платформа; среда разработки.

MULTI-AGENT SYSTEMS AND SOFTWARE

Student IVT-13m Y.Ju. Varlamov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *S.A. Varlamova*

Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

A review of multi-agent systems and their key singularities is described. The analysis of the means of implementation of multi-agent systems is given.

Keywords: Multi-agent system; agent-based platform; development environment.

Задачи управления и распределенного взаимодействия в сетях динамических систем привлекают в последнее десятилетие внимание все большего числа исследователей. На практике все чаще используются распределенные системы, выполняющие определенные действия параллельно, для которых актуальна задача разделения пакета заданий между несколькими вычислительными потоками (устройствами). Подобные задачи возникают не только в вычислительных сетях, но также и в производственных сетях, сетях обслуживания, транспортных, логистических сетях и др.

Во многом это объясняется широким применением мультиагентных систем (МАС) в разных областях, включая автоматическую подстройку параметров нейронных сетей распознавания, управление формациями, роение, распределенные сенсорные сети, управление перегрузкой в сетях связи, относительное выравнивание групп спутников, управление движением групп мобильных роботов, синхронизацию в энергосистемах и др.

Первоначально идея создания интеллектуального посредника (агента) возникла в связи с желанием упростить стиль общения конечного пользователя с компьютерными программами, поскольку доминирующий в основном и ныне стиль взаимодействия пользователя с компьютером предполагает, что пользователь запускает задачу явным образом и управляет ее решением. Но это совершенно не подходит для неискушенного пользователя. Иначе говоря, сначала идея интеллектуального

посредника возникла как попытка интеллектуализации пользовательского интерфейса [1].

Агентом является все, что может рассматриваться как воспринимающее свою среду с помощью датчиков и воздействующее на эту среду с помощью исполнительных механизмов.

Часто утверждается, что агенты не просто совершают действия, но они действуют автономно и рационально. Под автономностью обычно понимают, что агент действует без прямого вмешательства человека или другой управляющей сущности. Под рациональностью понимают стремление агента оптимизировать значение некоторой оценочной функции. Мера рациональности неявно указывает на то, что агент имеет цели, которых «хочет» достичь, и представления о внешнем мире (убеждения), на которые агент опирается при выборе действия.

Еще одним важным свойством агента является то, что он помещен во внешнюю среду, с которой он способен взаимодействовать. Обычно среда не контролируется агентом, лишь способен влиять на нее. Разделение намерений и желаний необходимо, так как агент может иметь несовместимые желания или желания могут быть недостижимы. Поскольку агент ограничен в ресурсах и не может достичь всех желаний одновременно, естественно выбирать наиболее значимые цели. Итак, интеллектуальный агент – это агент, обладающая следующими свойствами:

- реактивность (англ. reactivity) – агент ощущает внешнюю среду и реагирует на изменения в ней, совершая действия, направленные на достижение целей;

- проактивность (англ. pro-activeness) – агент показывает управляемое целями поведение, проявляя инициативу, совершая действия, направленные на достижение целей;

- социальность (англ. social ability) – агент взаимодействует с другими сущностями внешней среды (другими агентами, людьми и т.д.) для достижения целей [1].

Внешняя среда для агента, по сути, представляет собой «проблему», для которой агент служит «решением». Она может иметь целый ряд разновидностей. Выбор проекта, наиболее подходящего для программы конкретного агента, непосредственно зависит от рассматриваемой разновидности внешней среды.

Разнообразие вариантов внешней среды весьма велико. Тем не менее существует возможность определить относительно небольшое коли-

чество измерений, по которым могут быть классифицированы варианты внешней среды:

– полностью наблюдаемая или частично наблюдаемая – агент имеет полный доступ к информации о состоянии среды в каждый момент времени, однако при наличии шумов среда может стать частично наблюдаемой;

– детерминированная или стохастическая – если следующее состояние среды полностью определяется текущим состоянием и действием, выполненным агентом, то такая среда называется детерминированной, в противном случае она является стохастической;

– эпизодическая или последовательная. В эпизодической среде опыт агента состоит из неразрывных эпизодов. Каждый эпизод включает в себя восприятие среды агентом, а затем выполнение одного действия. При этом крайне важно то, что следующий эпизод не зависит от действий, предпринятых в предыдущих эпизодах. В последовательной среде текущее решение влияет на все будущие;

– статическая или динамическая. Если среда может измениться в ходе того, как агент выбирает очередное действие, то такая среда называется динамической для данного агента; в противном случае она является статической;

– дискретная или непрерывная. Различие между дискретными и непрерывными вариантами среды может относиться к состоянию среды, способу учета времени, а также восприятиям и действиям агента [2].

На практике существует несколько международных стандартов относительно систем для разработки МАС, однако одни из них являются устаревшими, другие – неполными. Вообще, существуют два варианта разработки МАС – либо с использованием агентных платформ (АП), либо с использованием среды разработки. Относительно агентных платформ существует несколько достаточно хороших решений. Например, *Jason* [3], *Aglobe* [4], *JADE* [5], *Cougaar* [6] и т.д. (таблица).

Кроме агентных платформ для программирования агентов могут применяться: универсальные языки (Java, C++ , Visual Basic, C#), языки представления знаний (SL, KIF), языки переговоров и обмена знаниями (KQML, AgentSpeak, April), языки сценариев (Tcl/Tk, Python, Perl 5), специализированные языки (TeleScript, COOL, Agent0, AgentK), символные языки и языки логического программирования (Oz, ConGolog, ИМПАСТ, Dylog, Concurrent METATEM).

Сравнительный анализ агентных платформ и их возможностей

Параметр	<i>Jade</i>	<i>Coguaar</i>	<i>Aglobe</i>	<i>Jason</i>
Область применения	Мобильные сети, web, планирование и логистика, исследования технологии агентов	Мобильные сети, веб, промышленное применение, военное применение, огромные распределенные системы	Промышленное применение, моделирование инженерных систем	Исследовательские проекты
Технологии	Java SE, Java, поддерживает стандарты FIPA	Java SE, Java ME	Java SE	Java SE
Расширяемость	Возможность расширения на всех уровнях	Возможность расширения на всех уровнях	Нет	Есть
Наличие плагинов	Большое количество	Большое количество	Нет	Есть
Интеграция	Java EE (JMS, Web...), CORBA,	Java EE (JMS, Web...), CORBA,	Отсутствует	Saci, Jade
Лицензия	LGPL	Open-source (BSD-based) License	CPL	LGPL
Инструментарий разработчика	Поддерживаются основные этапы разработки	Поддерживаются основные этапы разработки	Минимальный	Поддерживаются основные этапы разработки

В качестве критериев выбора средств разработки МАС можно использовать следующий набор критериев:

1) возможность создания систем агентов, способных интегрировать в Windows-приложения;

2) наличие операторов для временных выражений, поскольку агенты должны своевременно реагировать на действия;

3) поддержка архитектуры стиля BDI, так как предполагается наличие у агента знаний о желаниях, убеждениях, намерениях пользователя;

4) наличие операторов для реализации коммуникаций;

5) специализация. Проблемно/предметно специализированные средства обеспечивают сокращение сроков разработки приложений, увеличивают эффективность использования инструментария, упрощают и ускоряют работу программиста, позволяют повторно использовать информационное и программное обеспечение (объекты, классы, правила, процедуры);

6) наличие конструкций для реализации модульностей из-за сложности программ агентов;

7) обеспечение четкой семантики.

Для реализации агентов наиболее важными являются критерии 1, 2, 5, 6, 7. Этим критериям удовлетворяют многие средства реализации агентов.

В качестве основного критерия предлагается использовать вид предметной области, для исследования которой применяется МАС, что позволит придать практическую значимость дальнейшим исследованиям.

Библиографический список

1. Rzevski G., Modelling large complex systems using multi-agent technology // Proc. of 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD2012), August 8–10. – Kyoto, Japan, 2012. – P. 434–437.

2. Рассел С., Норвиг П., Искусственный интеллект. Современный подход. – М.: Вильямс, 2007.

3. Jason [Электронный ресурс]. – URL: <http://jason.sourceforge.net/wp/description>

4. Aglobe [Электронный ресурс]. – URL: <http://exile.felk.cvut.cz/projects/aglobe/download>

5. JADE [Электронный ресурс]. – URL: <http://jade.tilab.com/>.

6. Cougaar [Электронный ресурс]. – URL: <http://cougaar.org/wp/documentation>

ЛАТЕНТНЫЙ СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Канд. техн. наук, доцент С.А. Варламова

Березниковский филиал Пермского национального исследовательского
политехнического университета

Рассмотрены основные принципы латентно-семантического анализа текста, представлен алгоритм для латентно-семантического анализа текстов на русском языке, приведен пример применения метода латентно-семантического анализа для оценки научных работ.

Ключевые слова: латентно-семантический анализ текста; стемминг; сингулярное разложение.

LATENT SEMANTIC ANALYSIS FOR TEXT-BASED INFORMATION

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor S.A. Varlamova
Berezniki branch of Perm National Research Polytechnic University

The basic principles of latent semantic text analysis is described. Algorithm for latent semantic analysis of texts in Russian is given with an example of the latent semantic analysis method to evaluate scientific papers.

Keywords: latent semantic text analysis; stemming; singular value decomposition.

Интенсивное развитие систем дистанционного и заочного обучения создает проблемы проверки большого количества работ, в том числе проверки соответствия содержания работы заданной теме. Кроме того, одним из критериев оценки эффективности вуза является количество публикаций и научных разработок, и необходимо иметь представление о наиболее перспективных тематиках и направлениях исследований. Для реализации такой проверки необходим метод, позволяющий осуществлять смысловое сравнение отрывков текста.

Одним из перспективных методов, позволяющих получать данные о смысле приведенного текста, является метод латентного семантического анализа (ЛСА).

ЛСА позволяет выявлять значения слов с учетом контекста их использования путем обработки большого набора текстов. Принцип метода заключается в сравнении множества всех контекстов и разделении их на группы контекстов, где слова или словосочетания встречаются и где не встречаются. В результате можно сделать вывод о степени близости этих слов.

ЛСА можно рассматривать в двух аспектах:

– как практический прием для получения оценок контекстной связи слов либо оценок смысловых корреляций между словом и набором слов;

– как компьютерную модель получения и использования знаний человеком, читающим текст [1].

Однако у метода ЛСА существуют некоторые ограничения. Он не использует информацию о порядке слов, не учитывает синтаксическую логику или морфологию. Несмотря на это, результаты метода достаточно достоверно отображают смысловые корреляции между словами [2].

Существуют два основных отличия метода ЛСА от прочих методов обработки текста:

– исходными данными ЛСА является частота использования слов в отрывках текста, а не частота совместного использования слов;

– метод собирает данные не о попарной совместной используемости слов, а об используемости множества слов в большом массиве отрывков.

Таким образом, ЛСА отображает документы и отдельные слова в так называемое «семантическое пространство», в котором и производятся все дальнейшие сравнения. При этом делаются следующие допущения:

– документы – это просто набор слов. Порядок слов в документах игнорируется. Важно только то, сколько раз то или иное слово встречается в документе;

– семантическое значение документа определяется набором слов, которые, как правило, идут вместе. Например, в биржевых сводках часто встречаются слова: «фонд», «акция», «доллар»;

– каждое слово имеет единственное значение. Это, безусловно, сильное упрощение, но именно оно делает проблему разрешимой.

Общий алгоритм работы ЛСА известен, применительно к русскоязычным текстам можно выделить следующие основные этапы:

– исключение из документов стоп-символов (слов, которые не несут в себе смысловой нагрузки – предлогов, союзов, частиц и др.);

– операция стемминга (процесс нахождения основы для заданного исходного слова), например с помощью алгоритма Портера [3];

– прореживание матрицы термов – исключение тех слов, которые встречаются во всем множестве документов всего несколько раз, это значение должно определяться, исходя из общего объема текста. Для малых объемов текста исключаются те слова, которые встречаются один раз;

– создание смежной матрицы документов и термов. Пусть для определенности столбцы матрицы соответствуют документам, а строки – словам, встречающимся в документах. Тогда элементы матрицы – количество употреблений данного слова в данном отрывке;

– сингулярное разложение полученной матрицы [4]. Сингулярное разложение – это математическая операция, раскладывающая исходную матрицу M на три составляющих: $M = U \cdot W \cdot V^T$, где U – матрица термов, V – матрица документов, U и V^T – ортогональные матрицы, а W – диагональная матрица сингулярных значений. Причем диагональные элементы матрицы W упорядочены в порядке убывания. Сингулярное разложение позволяет выделять ключевые составляющие матрицы, игнорируя шумы;

– анализ полученных значений: разделение документов на группы согласно частоте встречаемости термов.

В качестве примера приведем реализацию ЛСА на небольшой выборке заголовков диссертационных работ по специальности 05.13.11 – математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Из них были исключены стоп-символы, выполнена операция стемпинга. Дальше были исключены слова, встречающиеся в единственном экземпляре. В итоге у нас остались так называемые индексруемые слова, они выделены жирным шрифтом:

1. Формирование **тестирующих программ** с использованием **сетей Петри–Маркова**.

2. Разработка методов и средств автоматического масштабирования **параллельных программ** в многозадачной операционной **системе** реконфигурируемых **многопроцессорных** вычислительных структур.

3. Алгоритмы безопасного перехода в **сетях Петри** для лицензионной защиты **программных систем**.

4. Расширение объектно-ориентированных языков программирования **параллельными** конструкциями для **многопроцессорных** и распределенных **систем**.

5. Теоретико-категорное исследование **семантики областей** Скотта **параллельных** моделей с реальным временем.

6. Применение **сетей Петри** в разработке многопоточного **программного** обеспечения с ограниченными разделяемыми ресурсами на примере центров дистанционного управления и контроля.

7. Веб-ориентированные инструментальные средства для изучения **семантически-структурированных предметных областей**.

8. Автоматическая генерация **тестов** для **семантических** анализаторов трансляторов.

Частотная матрица для приведенных заголовков представлена в табл. 1.

Таблица 1

Частотная матрица для выборки заголовков диссертаций

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Тест*	1	0	0	0	0	0	0	1
Сеть Петри	1	0	1	0	0	1	0	0
Параллельн*	0	1	0	1	1	0	0	0
Многопроцессорн*	0	1	0	1	0	0	0	0
Семант*	0	0	0	0	1	0	1	1
Систем*	0	1	1	1	0	0	0	0
Программ*	1	1	1	0	0	1	0	0
Област*	0	0	0	0	1	0	1	0

В результате сингулярного разложения получаем матрицы: U – матрицу термов (табл. 2), V – матрицу документов (табл. 3), W – матрицу сингулярных значений (табл. 4).

Таблица 2

Матрица термов U

Тест*	-0,15	0,08	-0,39	0,79	-0,07	0,12	0,18	-0,35
Сеть Петри	-0,38	0,43	-0,31	-0,23	-2E-3	0,579	0,181	0,386
Параллельн*	-0,38	-0,46	0,20	0,02	-0,55	0,36	-0,37	-0,06
Многопроцессорн*	-0,32	-0,21	0,36	0,24	-0,08	-0,26	0,59	0,47
Семант*	-0,11	-0,48	-0,56	0,08	0,32	-0,17	-0,31	0,43
Систем*	-0,47	-0,08	0,33	8E-3	0,72	0,16	-0,07	-0,31
Программ*	-0,57	0,35	-0,14	-0,16	-0,21	-0,62	-0,20	-0,15
Област*	-0,08	-0,41	-0,35	-0,46	-0,06	-8,52E-3	0,53	-0,42

Таблица 3

Матрица документов V

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
-0,365	0,374	-0,396	0,318	-0,37	0,16	0,401	-0,383
-0,582	-0,176	0,353	0,094	-0,167	-0,647	-0,151	-0,168
-0,474	0,299	-0,056	-0,304	0,639	0,23	-0,262	-0,246
-0,392	-0,328	0,421	0,22	0,101	0,506	0,383	0,317
-0,194	-0,584	-0,333	-0,286	-0,377	0,339	-0,378	-0,168
-0,316	0,337	-0,212	-0,311	-0,27	-0,078	-0,069	0,749
-0,066	-0,385	-0,429	-0,304	0,326	-0,344	0,587	0,034
-0,087	-0,172	-0,446	0,692	0,307	-0,091	-0,33	0,272

Матрица сингулярных значений W

3,026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2,143	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	1,268	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,794	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,539	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,388	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,313

На основе сингулярной матрицы можно отбросить последние столбцы матрицы U и последние строки матрицы V^T , оставив только первые два. Важно, что при этом гарантируется оптимальность полученного произведения. Разложение такого вида называют двумерным сингулярным разложением. На основании разложения можно сделать вывод, что для данного примера наибольшее количество научных работ связано с терминами «сети Петри», «программа и программный продукт» и «тестирование». Однако наибольшее количество документов связано именно с сетями Петри, так как понятия «программа» и «программный продукт» для данного направления являются терминами специальности.

На практике, конечно, количество групп будет намного больше, пространство будет не двумерным, а многомерным, но сама идея остается той же. Мы можем определять местоположения слов и статей в нашем пространстве и использовать эту информацию, например, для определения тематики статьи.

Таким образом, метод ЛСА позволяет отслеживать смысловые корреляции между текстами. Однако на сегодняшний день практически не существует открытых решений, позволяющих использовать ЛСА для оценки русскоязычных текстов, что делает этот вопрос практически значимым.

Библиографический список

1. Landauer T.K., Dumais S.T. A solution to Plato's problem: The Latent Semantic Analysis theory of the acquisition, induction, and representation of knowledge // Psychological Review. – 1997.
2. Landauer T.K., Foltz P. and Laham D. An Introduction to Latent Semantic Analysis. – DiscourseProcesses, 1998.
3. Willet P. The Porter stemming algorithm: then and now / White Rose Consortium ePrints Repository (2006) [Электронный ресурс]. – URL: http://eprints.whiterose.ac.uk/1434/1/willettp9_PorterStemmingReview.pdf
4. Потемкин В.Г. Справочник по MatLab. Линейная алгебра [Электронный ресурс]. – URL: <http://matlab.exponenta.ru/ml/book2/chapter7/svd.php>

АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ

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

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

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Рассматриваются алгоритмы обнаружения столкновений для выпуклых тел и для невыпуклых тел и условия их применения.

Ключевые слова: теорема о разделяющих осях, GJK/EPA, сумма Минковского.

COLLISION DETECTION AND RESOLUTION ALGORITHMS

Student gr. RIS-13-1m A.A. Bryukhanova

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *R.T. Murzakaev*

Perm National Research Polytechnic University

The paper deals with algorithms for collision detection for convex pieces and non-convex pieces and their application.

Keywords: separating axis theorem, GJK/EPA, Minkowski sum.

Задача обнаружения и разрешения столкновений возникает во множестве областей, таких как компьютерные игры, компьютерное моделирование, разработка тренажеров и другие [1, 2]. Один из способов решения задачи обнаружения столкновений состоит в постоянном контроле расстояния между парой перемещающихся тел. Нулевое расстояние означает, что тела соприкасаются. При соприкосновении тел необходимо, чтобы тела «скользили» по контурам других тел и не пересекались.

Суммой Минковского называют множество попарных сумм всех точек множества A со всеми точками множества B [3].

Тела A и B пересекаются тогда и только тогда, когда их сумма Минковского содержит начало координат, т.е. нулевой вектор.

В задаче определения столкновений используется сумма Минковского, в которой координаты вершин многоугольника B берутся с обратным знаком, т.е. анализируется фигура $A-B$, которую так же называют конфигурационным пространством препятствий (CSO), или разницей Минковского. Для выпуклых тел разница Минковского – выпуклое множество [3]. Зная CSO, можно определить расстояние между телами, если тела не пересекаются, или глубину их взаимного проникновения в противном случае.

Расстояние между телами d и глубина проникновения тел p . A и B – это минимальное расстояние, на которое нужно переместить одно тело,

чтобы оно стало касаться другого тела (рис. 1, а, б). При поиске d или p также определяется и направление перемещения [4].

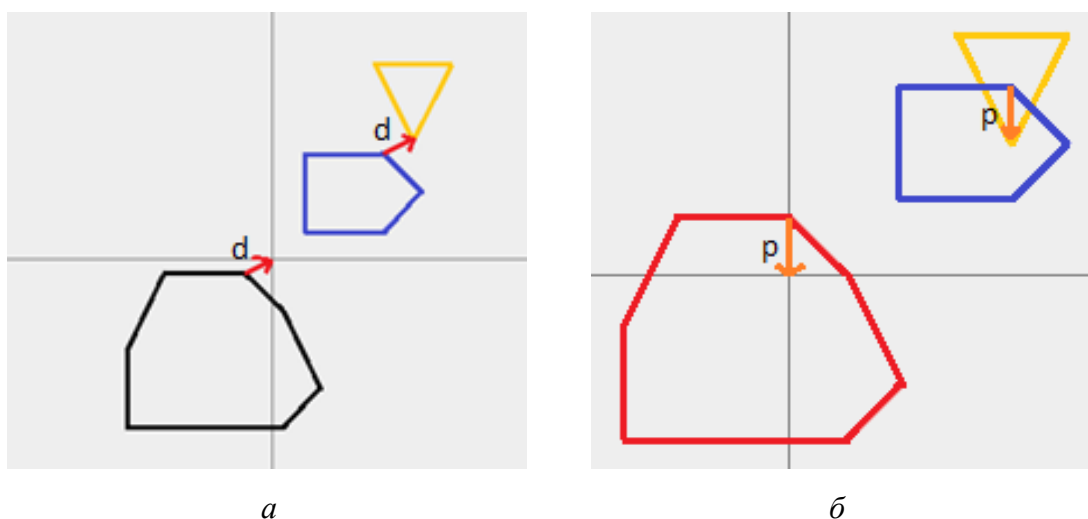


Рис. 1. Разница Минковского, расстояние между телами d и глубина проникновения тел p

Вычисление расстояния между телами эквивалентно определению точки x , принадлежащей CSO и наиболее близкой к началу координат:

$D(A,B) = \min\{|x|:x \in \text{CSO}\}$, где x – наиболее близкая точка CSO, $|x|$ – расстояние между началом координат и точкой x .

Глубина проникновения тел A и B обозначается следующим образом:
 $p(A,B) = \inf\{|x|:x \in \text{CSO}\}$.

Для соприкосновения тел достаточно переместить тело B на расстояние $d(A, B)$, если тела не пересекаются, или на расстояние $p(A, B)$ – в противном случае. В первом случае перемещение выполняется в направлении вектора от найденной точки x до начала координат, во втором – направление перемещения меняет знак. В случае касающихся тел $d(A, B) = p(A, B) = 0$.

Рассмотрим два классических варианта решения задачи ликвидации пересечений выпуклых многоугольников: теорема о разделяющих осях [5] и алгоритмы GJK/EPA [6].

1. Теорема о разделяющих осях (ТРО). Если для пары тел A и B существует разделяющий элемент, то тела не пересекаются.

Если выбрать линию, перпендикулярную разделяющей оси, и спроецировать на нее тела A и B , то тела будут пересекаться, когда будут перекрываться их проекции на эту линию. Линию, перпендикулярную разделяющему элементу, называют разделяющей осью. Разделяющие оси являются нормальными ребер фигуры. Количество разделяющих осей равно количеству ребер фигуры.

Разрешить столкновение, определенное теоремой о разделяющих осях, можно с помощью алгоритма нахождения минимального вектора переноса, которым называют вектор минимальной величины, использующийся для отодвигания фигуры от места столкновения. Чтобы определить вектор, нужно сравнить все полученные векторы и выбрать из них минимальный.

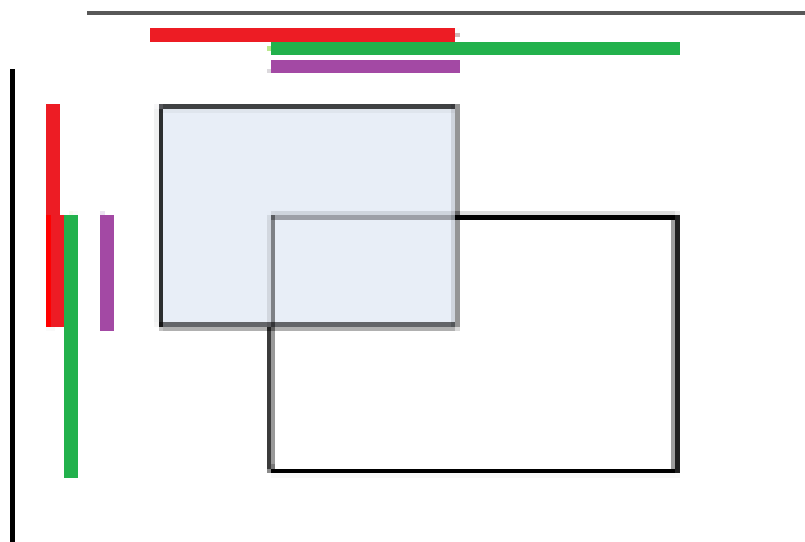


Рис. 2. Применение ТРО для двух прямоугольников

Теорему о разделяющих осях целесообразно применять для поиска пересечений ограничивающих прямоугольников фигур (рис. 2). Ограничивающий прямоугольник – прямоугольник, описанный вокруг фигуры, векторы ребер которого коллинеарны с осями координат. В противном случае применение алгоритма разделяющих осей требует больших вычислительных затрат. Это связано с тем, что количество осей зависит от количества граней (чем больше граней, тем больше осей), кроме того, получение проекции на них требует больших вычислительных затрат, так как будет требовать дополнительных расчетов тригонометрических функций.

2. GJK/EPA. Для определения и разрешения столкновений используется связка алгоритмов Гилберта–Джонсона–Керти (Gilbert–Johnson–Keerthi algorithm, GJK) и EPA, подробно описанных в [6].

Алгоритм GJK определяет расстояние между двумя выпуклыми множествами либо фиксирует их взаимное проникновение. Такими множествами могут быть, в частности, выпуклые многоугольники.

Для рассмотрения алгоритмов обнаружения и разрешения столкновений рассматриваются понятия поддерживающего отображения и симплекса [4, 6].

Под поддерживающим отображением понимают функцию, которая принимает выпуклое множество точек G и вектор \vec{n} и возвращает опорную точку множества в направлении этого вектора.

Найти поддерживающее отображение можно, прибегнув к использованию алгоритма «подъем на холм». Его смысл заключается в поиске вершины выпуклого тела такой, что скалярное произведение радиус-вектора вершины и вектора нормали к поддерживающей прямой будет максимальным [4, 6].

Алгоритм подъема на холм состоит из следующих шагов:

- 1) выбор стартовой вершины id_0 и запись ее в переменную id_{rec} , которая будет хранить текущую вершину;
- 2) просмотр вершин v_1 и v_2 , смежных с id_{rec} ;
- 3) обновление рекорда: если $\vec{v}_i \cdot \vec{v}_i > \overline{id_{rec}} \cdot \vec{n}$, то $id_{rec} = v_i, i = 1, 2$. Если рекорд не был обновлен, то $id_G = id_{rec}$, СТОП. Переход на шаг 2.

Разберем пример работы алгоритма «подъем на холм» для фигуры, изображенной на рис. 3. Возьмем за стартовую вершину A и рассмотрим ее соседей – вершины B и H . Так как вектор \vec{n} направлен вверх, точка H лежит выше точки B , а точка B лежит выше точки A , то $\vec{H} \cdot \vec{n} > \vec{B} \cdot \vec{n} > \vec{A} \cdot \vec{n}$. Поэтому в качестве следующей вершины выбирается точка H . И на следующих шагах G и E обновляют рекорд. При просмотре вершины E оказывается, что она дает наибольшее скалярное произведение, чем вершины, смежные с ней, и алгоритм выдает ее в качестве ответа.

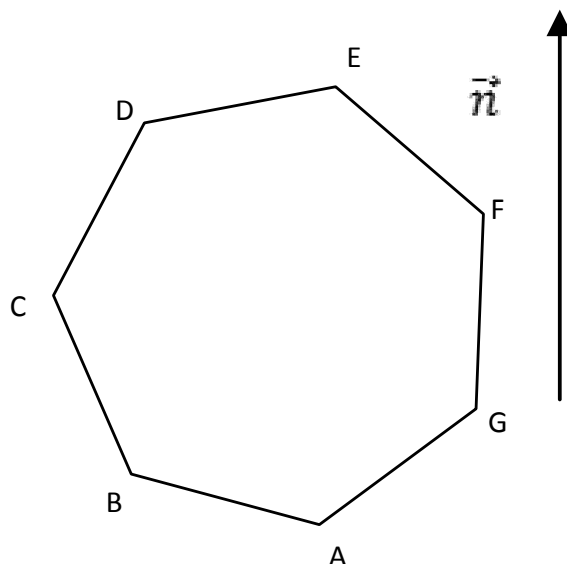


Рис. 3. Пример работы алгоритма «подъем на холм»

Обозначим поддерживающее отображение как SM (Support Mapping), тогда $id_G = SM(G, \vec{n})$, где id_G – идентификатор искомой вершины, G – вы-

пуклое множество точек, \vec{n} – вектор нормали к поддерживающей прямой, $SM(G, \vec{n})$ – поддерживающее отображение тела G . Симплексом в данном контексте называют фигуру, образованную подмножеством вершин CSO.

Блок-схема алгоритма GJK изображена на рис. 4.

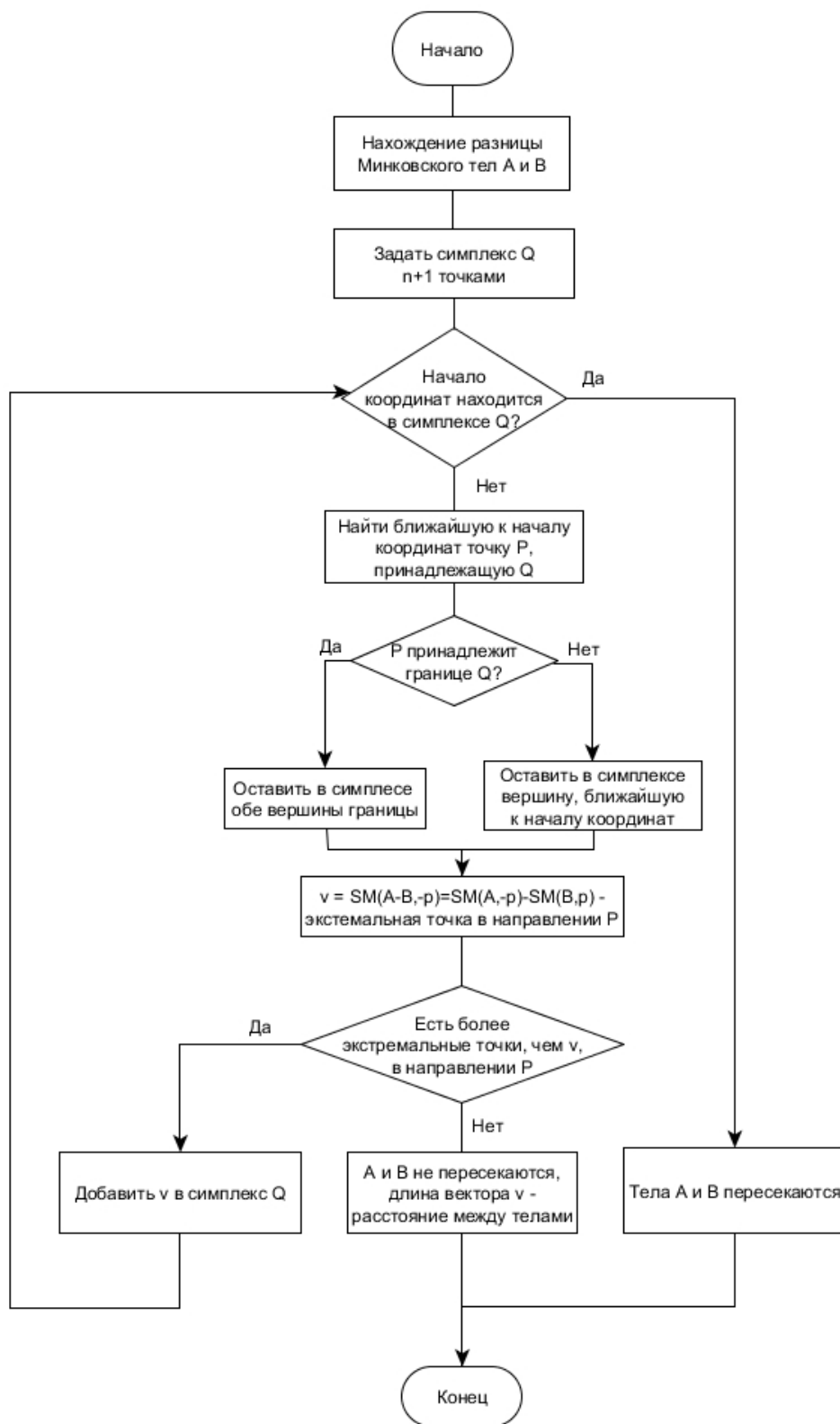


Рис. 4. Блок-схема алгоритма GJK

Алгоритм GJK предоставляет исчерпывающую информацию в случае, когда тела не пересекаются, но не применим в противном случае. С помощью алгоритма EPA определяют минимальную глубину проникновения и направление разрешения столкновения. Блок-схема алгоритма изображена на рис. 5.

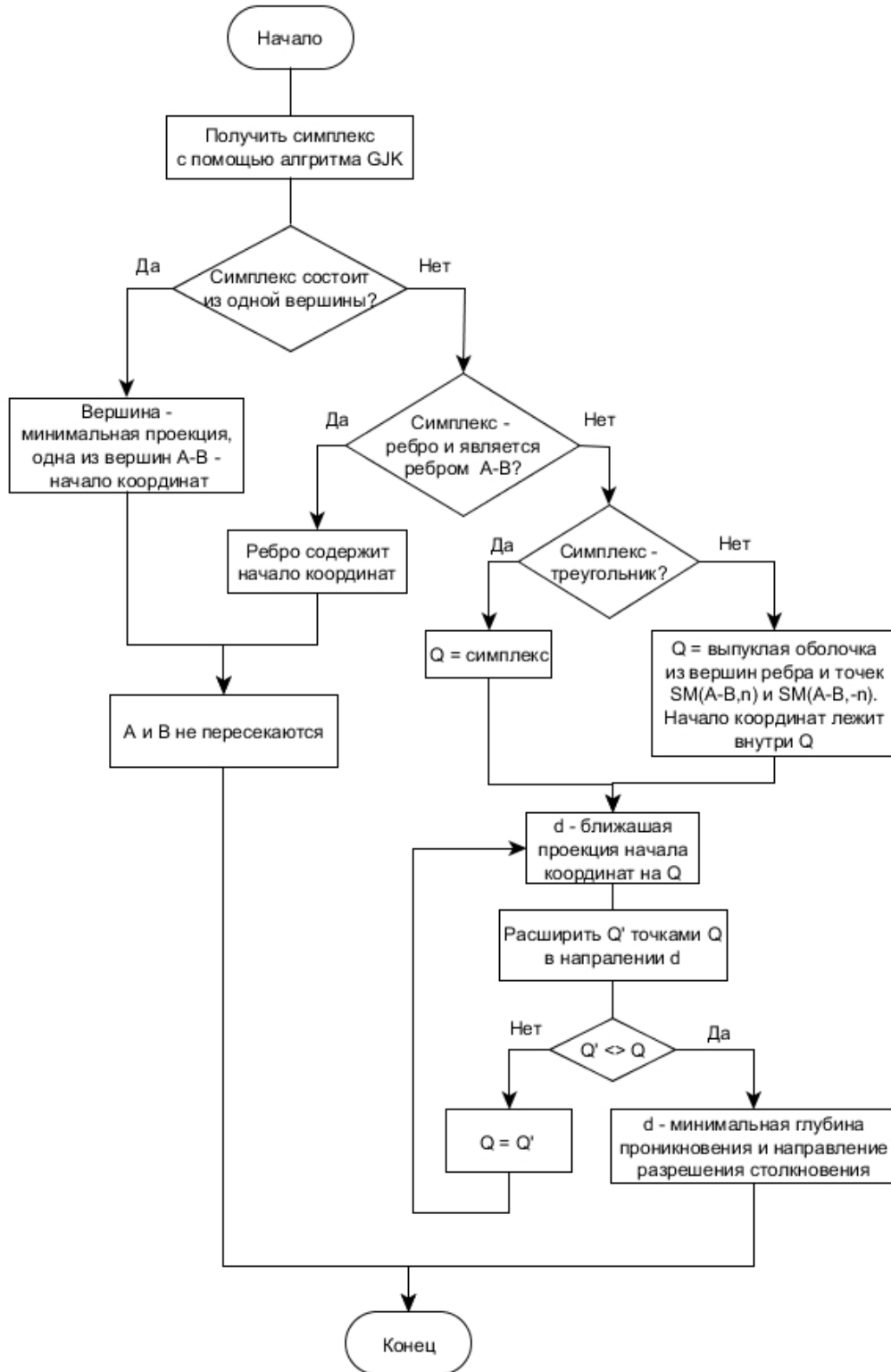


Рис. 5. Блок-схема алгоритма EPA

Для невыпуклых многоугольников требуется выпуклая декомпозиция. Выпуклая декомпозиция подразумевает деление объекта на выпуклые части и обработку столкновений для каждой части [7]. Применение ТРО с использованием выпуклой декомпозиции дает удовлетворительный результат только при малых пересечениях, так как приходится находить проекцию для каждой грани выпуклой части.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что перечисленные алгоритмы в общем случае применимы только для выпуклых многоугольников, а для невыпуклых сложных фигур необходимо разработать алгоритмы, которые смогли бы разрешать столкновения точно и за оптимальный срок.

Библиографический список

1. Файзрахманов Р.А., Бакунов Р.Р., Мехоношин А.С. Создание трехмерных моделей для системы визуализации тренажерного комплекса // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2012. – № 6. – С. 25–30.
2. Моделирование динамики перемещения груза в компьютерном тренажере погрузочно-разгрузочного устройства / Е.В. Долгова, Р.А. Файзрахманов, Д.С. Курушин [и др.] // Вестник Москов. гос. обл. ун-та. Сер.: Физика-математика. – 2012. – № 2. – С. 57–64.
3. Карасев Р.Н. Мера невыпуклости плоских множеств и сумма Минковского [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rkarasev.ru/common/upload/minkowski_sum_rus.pdf (дата обращения: 9.11.2013).
4. Collision Detection and Response Scheme for Simplified Physically Based Animation / Yalmar Ponce Atencio, Claudio Esperanca [и др.] [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lcg.ufrj.br/Members/esperanc/atencioy_collision.pdf (дата обращения: 09.10.2013).
5. Johnny Huynh. Separating Axis Theorem for Oriented Bounding Boxes [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.jkh.me/files/tutorials/Separating%20Axis%20Theorem%20for%20Oriented%20Bounding%20Boxes.pdf> (дата обращения: 09.10.2013).
6. Ермолин Е.Н. Методы определения и разрешения столкновений на полигональных моделях: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск, 2011.
7. Jyh-Ming Lien, Nancy M. Amato. Approximate Convex Decomposition of Polygons [Электронный ресурс]. – URL: <http://cs.gmu.edu/~jmlien/research/appcd/p218-lien.pdf> (дата обращения: 09.11.2013).

АНАЛИЗ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ В ЗАДАЧЕ РАСКРОЯ-УПАКОВКИ

Ассистент В.С. Шилов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Статья посвящена методам анализа взаимного расположения геометрических примитивов. Предложены методы поиска точек пересечения геометрических примитивов и расстояния между ними. В статье рассмотрены основные примитивы: отрезок, дуга, окружность.

Ключевые слова: раскрой-упаковка, определение расстояния между объектами, геометрический примитив.

MUTUAL ARRANGEMENT OF GEOMETRIC PRIMITIVES ANALYSIS IN PACKING AND CUTTING PROBLEMS

Assistant Lecturer V.S. Shilov

Perm National Research Polytechnic University

The article deals with methods of mutual arrangement of geometric primitives analysis. Methods of geometric primitives intersection points and distance between primitives search were proposed. The article deals with following primitives: segment, arc, circle.

Keywords: cutting and packing, distance between objects search, geometric primitive

Оптимизация производства является ключевым направлением снижения затрат и, как следствие, повышения прибыли предприятия [1, 2]. Одним из классов задач, решение которых требуется для проведения такой оптимизации, является класс задач раскроя-упаковки. Решению данного класса задач посвящено большое количество работ различных авторов [3, 4, 5]. Предлагаемые в данных работах алгоритмы зачастую требуют проведения некоторых вспомогательных операций, в частности, анализа взаимного расположения геометрических примитивов. Наиболее часто встречающимися в задачах раскроя-упаковки примитивами являются отрезок, дуга, окружность. Эти примитивы и будут рассмотрены.

Целью настоящей статьи является разработка алгоритмов нахождения точек пересечения геометрических примитивов и расстояния между примитивами.

Будем считать, что окружности заданы координатами центра окружности и радиусом, дуги – окружностями, на которых они построены с начальным и конечным углами (α_s, α_f) , отрезки – параметрически, т.е.

$$\begin{cases} x = x_0 + a_x t, \\ y = y_0 + a_y t, \end{cases} \quad (1)$$

где $0 \leq t \leq 1$. Такое ограничение, накладываемое на t , гарантирует, что данное выражение определяет отрезок, а не прямую.

Пересечение геометрических примитивов. Для выполнения пересечения всех элементов друг с другом необходимо рассмотреть 3 случая: пересечение двух отрезков, пересечение отрезка и окружности и пересечение двух окружностей. Случаи с окружностями легко сводятся к случаям с дугами введением дополнительных ограничений.

1. Для поиска точки пересечения двух отрезков необходимо решить систему уравнений

$$\begin{cases} x_{01} + a_{x1}t_1 = x_{02} + a_{x2}t_2, \\ y_{01} + a_{y1}t_1 = y_{02} + a_{y2}t_2. \end{cases} \quad (2)$$

Выполнение равенства

$$a_{x1}a_{y2} - a_{x2}a_{y1} = 0 \quad (3)$$

свидетельствует о том, что прямые, которым принадлежат отрезки, либо параллельны, либо совпадают. Определить, совпадают ли эти прямые, можно, посчитав расстояние от точки на одном отрезке до прямой, которой принадлежит второй отрезок. Если полученное расстояние ненулевое, то прямые параллельны. Если же результат равен нулю, то необходимо рассмотреть проекции отрезков на координатные оси (рис. 1). Пересечение проекций говорит о пересечении прямых. Если равенство (3) не выполняется, параметры t_1, t_2 могут быть получены из системы (2). Чтобы отрезки пересекались, должно выполняться неравенство $0 \leq t_1, t_2 \leq 1$.

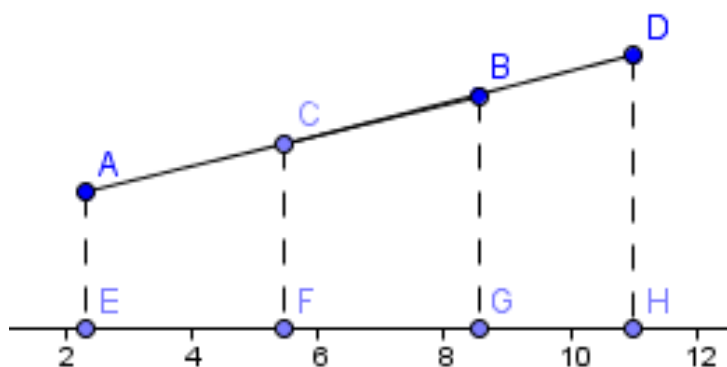


Рис. 1. Пересечение отрезков, лежащих на одной прямой

2. Решая задачу пересечения окружности и отрезка, будем считать, что центр окружности лежит в начале координат; если это условие не выполняется, то необходимо осуществить перенос системы координат. Тогда точки пересечения можно определить из следующей системы:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = r^2, \\ x = x_0 + a_x t, \\ y = y_0 + a_y t. \end{cases} \quad (4)$$

Выполнив ряд преобразований, получаем квадратное уравнение относительно параметра t :

$$t^2(a_x^2 + a_y^2) + 2t(a_x x_0 + a_y y_0) + (x^2 + y^2 + r^2) = 0. \quad (5)$$

Полученные из (5) значения t должны лежать на отрезке $[0, 1]$, что гарантирует принадлежность точки рассматриваемому отрезку. При поиске пересечения отрезка и дуги необходимо также проверять принадлежность найденной точки дуге. Для такой проверки определяется угол наклона радиус-вектора точки к оси OX α . Точка принадлежит дуге, если выполняется неравенство

$$\alpha_s \leq \alpha \leq \alpha_f. \quad (6)$$

3. При решении задачи пересечения двух окружностей также будем считать, что центр первой окружности лежит в начале координат. Тогда необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = r_1^2, \\ (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r_2^2. \end{cases} \quad (7)$$

Вычитая второе уравнение из первого, получим:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = r_1^2, \\ 2xx_0 - x_0^2 + 2yy_0 - y_0^2 - r_1^2 + r_2^2 = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Для упрощения дальнейших выкладок введем следующие обозначения:

$$a = 2x_0, \quad b = 2y_0, \quad c = r_2^2 - r_1^2 - x_0^2 - y_0^2.$$

Получим систему

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = r_1^2, \\ ax + by + c = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Выполнив преобразования, перейдем к системе уравнений:

$$\begin{cases} x = \frac{-by + c}{a}, \\ y^2(b^2 + a^2) + 2bcy + c^2 - a^2r_1^2 = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Решая систему уравнений, получаем координаты точек пересечения окружностей. Для проверки наличия пересечения дуг необходимо проверить принадлежность данных точек самим дугам, используя неравенство (6).

Расстояние между геометрическими примитивами. Если примитивы пересекаются, то расстояние между ними является нулевым. Перейдем к случаю, когда примитивы не пересекаются. Прежде чем переходить к определению расстояния между двумя примитивами, рассмотрим две подзадачи, которые потребуются в дальнейшем: нахождение расстояния от точки до отрезка и нахождение расстояния от точки до окружности.

4. Запишем функцию расстояния от заданной точки до точки отрезка:

$$s = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}, \quad (11)$$

где $(x - y_1)$ – координаты заданной точки, (x, y) – координаты произвольной точки отрезка, которые определяются выражениями (1).

Для нахождения расстояния между заданной точкой и отрезком необходимо минимизировать эту функцию (11). В силу того, что (11) никогда не принимает отрицательных значений, ее можно возвести в квадрат. Это позволит избавиться от квадратного корня в выражении, что заметно упростит процесс поиска минимума. Выполнив данную операцию и подставив (12) в (11), получим функцию от t :

$$s_2 = (x_0 + a_x t - x_1)^2 + (y_0 + a_y t - y_1)^2. \quad (13)$$

Для поиска экстремума функции найдем ее производную:

$$\frac{ds_2}{dt} = 2a_x(a_x t + x_0 - x_1) + 2a_y(a_y t + y_0 - y_1). \quad (14)$$

Приравняв (14) к нулю и выполнив преобразования, получим

$$t = \frac{a_x(x_1 - x_0) + a_y(y_1 - y_0)}{a_x^2 + a_y^2}. \quad (15)$$

Выражение (15) позволяет определить значение t , при котором достигается минимальное значение расстояния между точками, это и будет расстояние между отрезком и точкой. Такое t всегда существует, так как знаменатель (15) никогда не обращается в нуль, иначе бы прямая выродилась в точку. Однако надо иметь в виду, что $t \in [0, 1]$.

5. Поиск расстояния от точки до окружности (рис. 2) осуществляется по формуле

$$D = l - r, \quad (16)$$

где l – расстояние от точки до центра окружности; r – радиус окружности.

При поиске расстояния от точки до дуги (рис. 3) следует учитывать, что отрезок, соединяющий точку и центр окружности, может не проходить через дугу. В таком случае в качестве расстояния выбирается минимум из расстояний от концов дуги до точки.

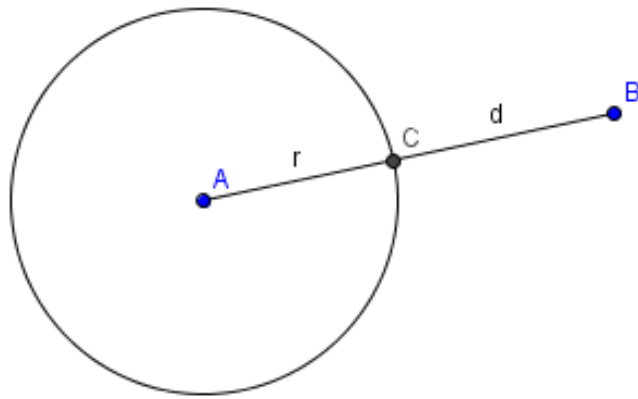


Рис. 2. Поиск расстояния от точки до окружности

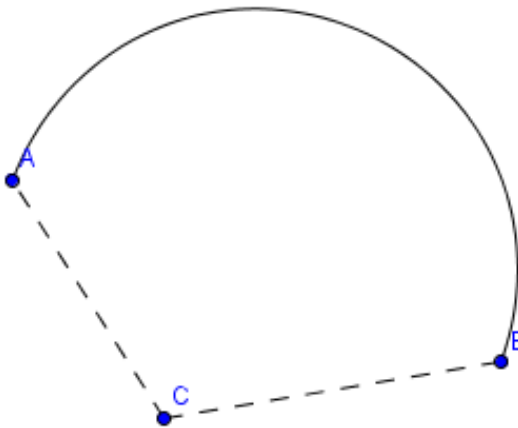


Рис. 3. Поиск расстояния от точки до дуги

6. Для определения расстояния между двумя отрезками (рис. 4) следует осуществить поиск расстояний от концов каждого из отрезков до другого отрезка и выбрать из найденных расстояний наименьшее.

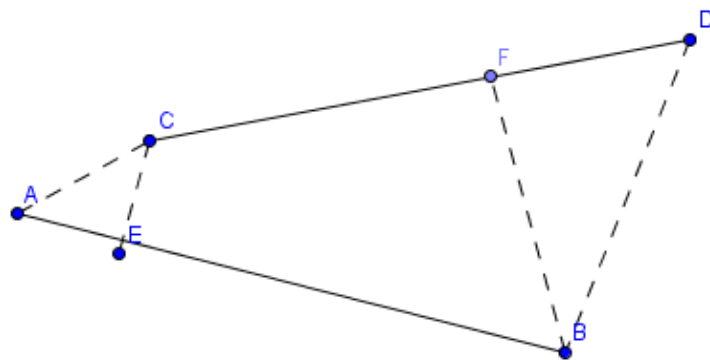


Рис. 4. Поиск расстояния между двумя отрезками

7. Расстоянием между окружностью и отрезком (рис. 5, а) является разность расстояния между центром окружности и отрезком и радиуса окружности. Если рассматривается не окружность, а дуга, то необходимо также учитывать, что отрезок может лежать внутри окружности (рис. 5, б),

которой принадлежит дуга. В таком случае при поиске расстояния от центра окружности до отрезка необходимо выбирать не минимальное, а максимальное расстояние. Кроме того, необходимо иметь в виду, что если луч, проведенный по найденному расстоянию из центра окружности к отрезку, не проходит через дугу, такое расстояние необходимо исключить из рассмотрения. Кроме того, должны быть рассмотрены расстояния от концов дуги до отрезка (рис. 5, в).

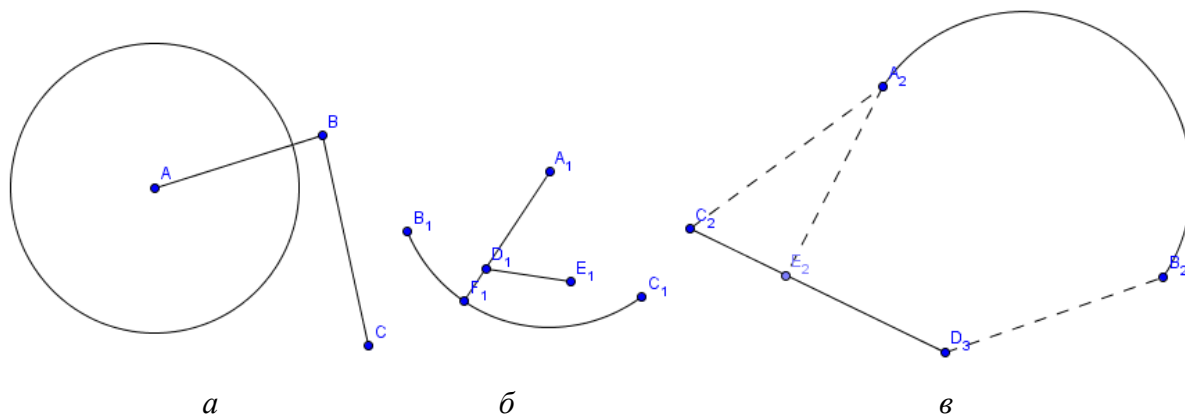


Рис. 5. Поиск расстояние между дугой и отрезком

8. Расстояние между двумя окружностями (рис. 6) может быть определено как разность расстояния между центрами окружностей и суммой радиусов окружностей. При поиске расстояния между дугами необходимо проверять, проходит ли отрезок, соединяющий их центры, через обе дуги. Если это не выполняется или центры дуг совпадают, то в качестве расстояния между дугами выступает минимум из расстояний от концов одной дуги до другой.

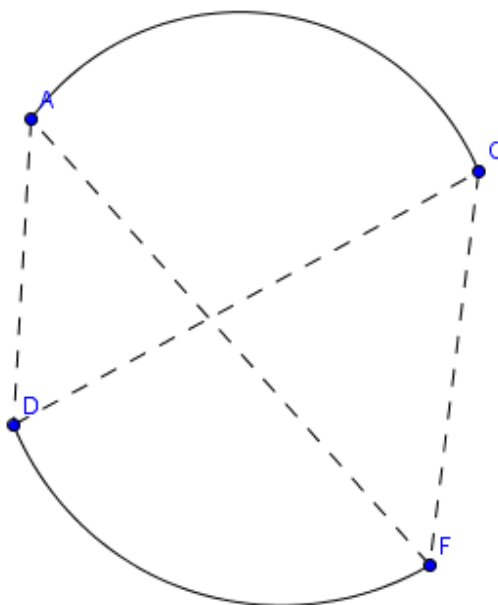


Рис. 6. Поиск расстояние между дугами

Таким образом, в настоящей статье рассмотрены простые алгоритмы определения пересечения геометрических примитивов и расстояния между ними. Предложенные методы могут найти свое применение не только при решении задачи раскроя-упаковки, но и во множестве других ситуаций, таких как разработка САД-систем, систем компьютерного моделирования, компьютерных игр и др.

Библиографический список

1. Скирюк О.С., Файзрахманов Р.А. Разработка комплексных моделей формирования оптимальной производственной программы в условиях полной неопределенности спроса // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2012. – № 6. – С. 25–30.

2. Архипов А.В., Файзрахманов Р.А. Модель определения оптимальной производственной программы для непосредственного спроса с учетом дискретного изменения мощностей предприятия // Экономика и финансы. – 2005. – № 11. – 83 с.

3. Стоян Ю.Г., Гиль Н.И. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов. – Киев: Наукова думка, 1976. – 249 с.

4. Мухачева Э.А., Хасанова Э.И. Гильотинное размещение контейнеров в полосе: комбинирование эвристических технологий // Информационные технологии. – 2009. – № 11. – С. 8 – 13.

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

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫСОКОПОЛИГОНАЛЬНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ

Студент гр. РИС-13-16 А.Д. Бояршинов, ассистент Е.А. Ромин
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Дан обзор методов оптимизации высокополигональных 3D-моделей. Предложены методы достижения приемлемой производительности с наименьшими потерями качества для приложений, использующих 3D-графику.

Ключевые слова: высокополигональное моделирование, редукция полигонов.

OPTIMIZATION METHODS VYSOKOPOLIGONALNYE 3D-MODELS

Student gr. RIS-13-1b A.D. Boyarshinov, Assistant Lecturer E.A. Romin
Perm National Research Polytechnic University

A review of optimization techniques vysokopoligonalnyh 3D-models. Proposed methods dy achieve acceptable performance with minimal loss of quality for Applications using 3D-graphics.

Keywords: high poly modeling, polygon reduction.

На современном этапе развития 3D-редакторов и средств моделирования стало достаточно легко создавать детализированные 3D-модели для использования в различных приложениях, работающих с трехмерной графикой. Особенно активно высокодетализированные модели используются в производстве спецэффектов для кинофильмов или в играх. Однако при попытке использовать эти модели в интерактивных приложениях для мобильных устройств, в симуляторах и ГИС возникают проблемы. Основные препятствия заключаются в необходимости выделения большого объема вычислительных ресурсов, сложности обработки объектов. Также наличие большого числа полигонов в сцене или в модели ограничивает возможность запуска приложения на устройствах с низкой вычислительной мощностью. Таким образом, существует проблема, требующая оптимизации уже готовых трехмерных детализированных моделей для использования в приложениях на устройствах с низкой вычислительной мощностью.

Целью настоящей статьи являются обзор **нескольких** методов оптимизации высокодетализированных 3D-моделей и возможность применения их на практике в рамках работы над студенческим проектом *WitchCraft*.

Алгоритмы удаления невидимых граней и линий. Выделяют три класса таких алгоритмов [1]:

- Алгоритмы, работающие в пространстве экрана. Они основаны на расчете попадания граней в зону видимости наблюдателя из определенной точки.

- Алгоритмы, работающие непосредственно в пространстве объектов (сцены). Зачастую в моделях существуют грани, которые располагаются внутри объекта или на обратной стороне, скрытой от наблюдателя. Для вычисления видимых поверхностей используются сравнение и расчет расположения всех объектов, находящихся в сцене, и удаление всех невидимых граней.

- Алгоритмы со списком приоритетов. Являются гибридной модификацией первых двух и работают, используя оба алгоритма попеременно (рис. 1).



Рис. 1. Пример использования алгоритмов удаления граней, невидимых для пользователя в обычном режиме

К достоинствам алгоритмов удаления невидимых граней и линий можно отнести высокий уровень оптимизации и отсутствие потерь качества, видимого для наблюдателя. Недостатками же являются низкая скорость обработки, высокое потребление вычислительных ресурсов и отсутствие возможности обработки в реальном времени на большинстве устройств.

Алгоритмы редукции полигонов (Polygon Reduction). Редукция – процесс упрощения 3D-модели путем уменьшения количества полигонов. Принцип работы метода заключается в замещении группы полигонов одним, наиболее близким к исходной группе по расположению вершин. Большинство 3D-редакторов имеют возможность задавать интенсивность редукции, что позволяет выбрать нужное соотношение между уровнем проработки модели и экономией вычислительной мощности (рис. 2).

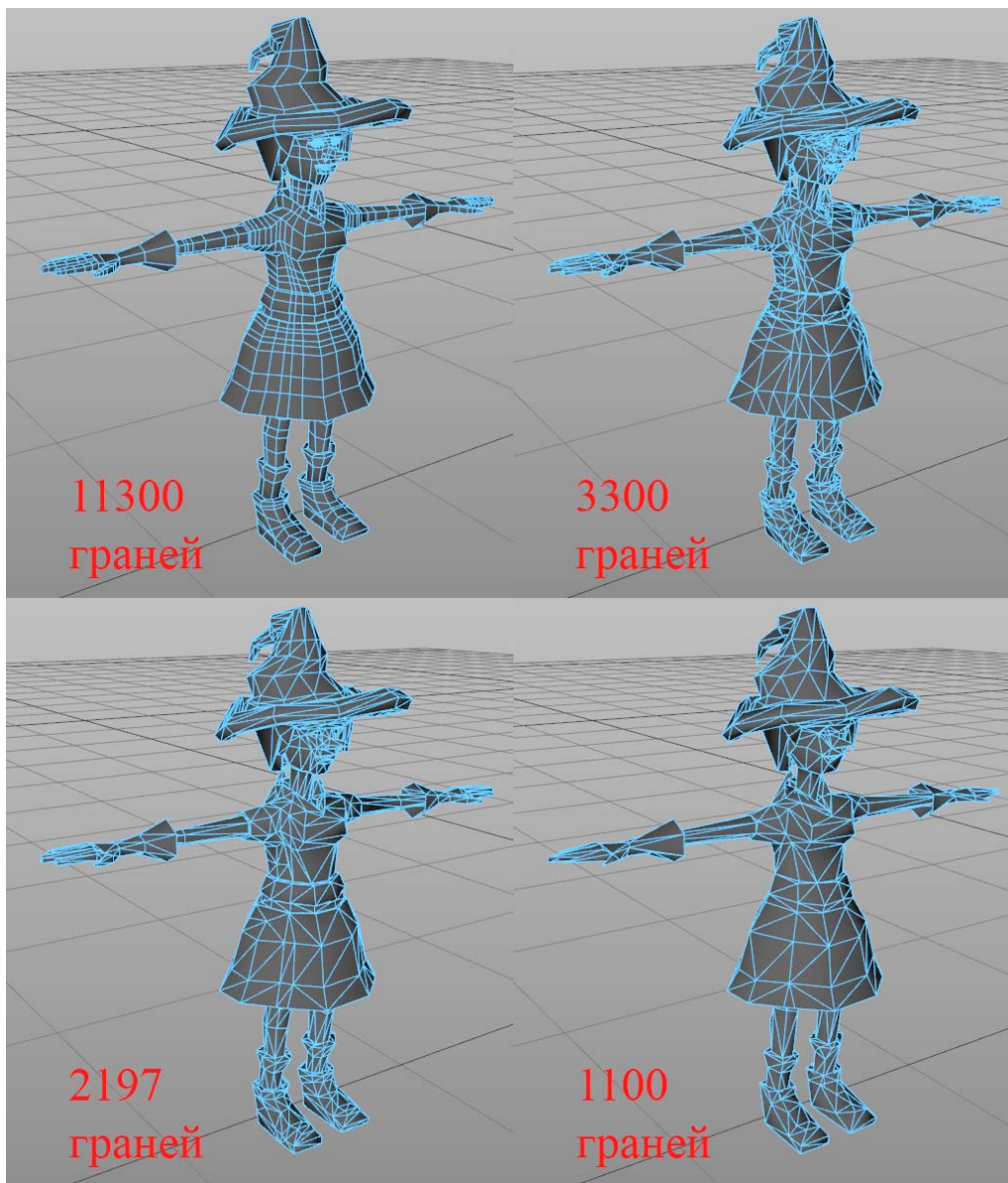


Рис. 2. Метод редукции полигонов на примере персонажа и выбор оптимальной конфигурации

К достоинствам относят легкость использования и высокую скорость обработки. Однако недостатками являются искажение модели при сильном или неправильном применении метода и необходимость перерисовки текстур, если на первичную модель уже была наложена текстура.

Алгоритмы ручного создания низкополигональных моделей.

Низкополигональные (low-poly) модели используются, когда не требуется высокой детализации, если приемлемое качество изображения можно получить с помощью проработанных текстур, карт нормалей и других визуальных эффектов. Чаще всего такие модели используются для экономии вычислительных ресурсов в 3D-приложениях, где есть необходимость отображения моделей и анимации в режиме реального времени [2].

При создании низкополигональных моделей следует стремиться с минимально возможным количеством вершин и ребер создать модель объекта, достаточно похожую на реальный прототип. Существует несколько способов создания визуального представления трехмерного объекта с минимальными потерями качества [3]:

- Задание оптимального количества полигонов (достаточное для сохранения формы объекта, но не излишнее). Следует учитывать область применения модели и доступные ресурсы вычислительной техники (рис. 3).

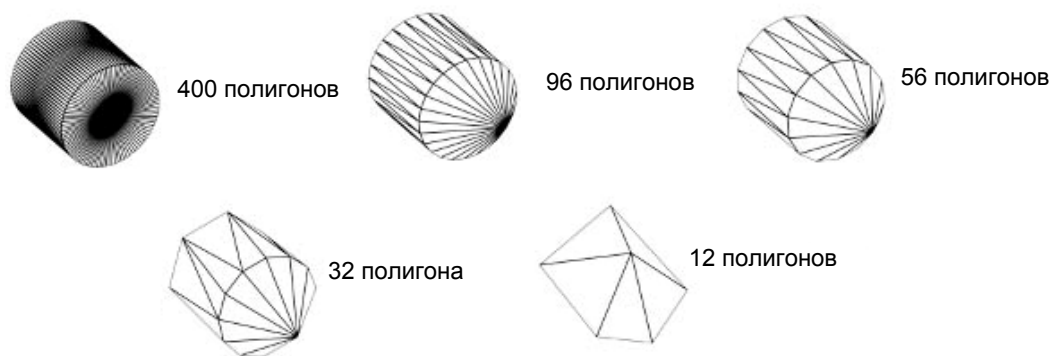


Рис. 3. Примеры задания примитива различными количествами полигонов

- Слияние соседних близких вершин. В ряде случаев модель может иметь несколько вершин, сосредоточенных на малом расстоянии друг от друга или находящихся на одной прямой. Самым оптимальным решением в данном случае будет объединение всех вершин в одну, что уменьшит количество нефункциональных полигонов.

- «Закругление» путем снижения количества граней на сторонах цилиндрических объектов. Некоторые сцены с использованием таких объектов не подразумевают необходимости высокой детализации самой поверхности цилиндра. Именно в таких случаях следует применять скругление, так как визуальное восприятие цилиндра слабо зависит от его граней (рис. 4).

- Использование треугольных полигонов для моделирования сфер. Несмотря на более сложное расположение полигонов в сравнении со сферой из четырехугольных полигонов, сфера из треугольников позволяет обойтись меньшим числом полигонов при меньшей степени аппроксимации (рис. 5).

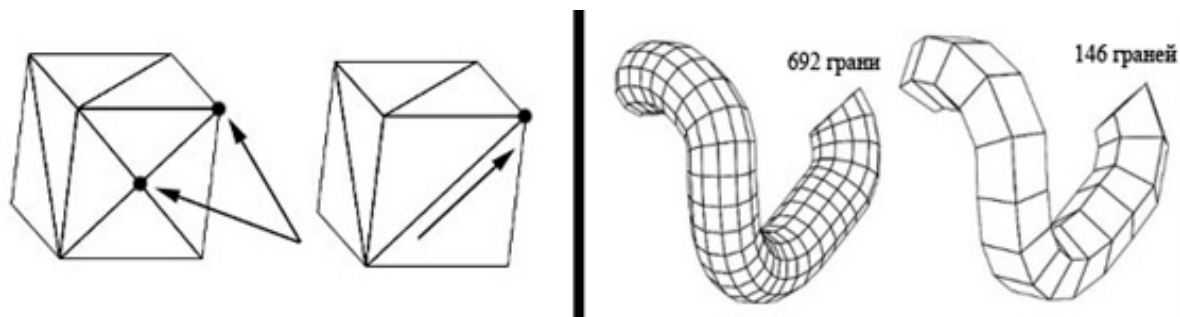


Рис. 4. Примеры использования методов «Слияние вершин» и «Закругление»

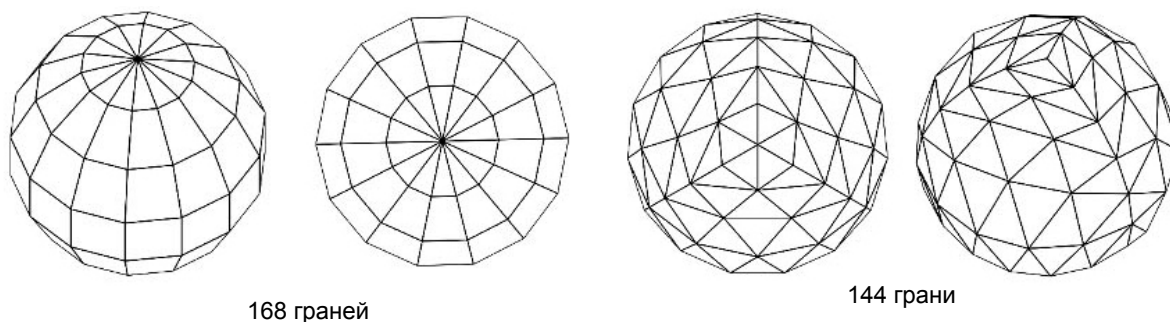


Рис. 5. Демонстрация различия сфер из треугольных и четырехугольных полигонов

К достоинствам ручного создания низкополигональных моделей относят очень высокое финальное качество и минимальное количество полигонов. Ключевыми недостатками являются высокая трудоемкость и очень низкая скорость моделирования (рис. 6).

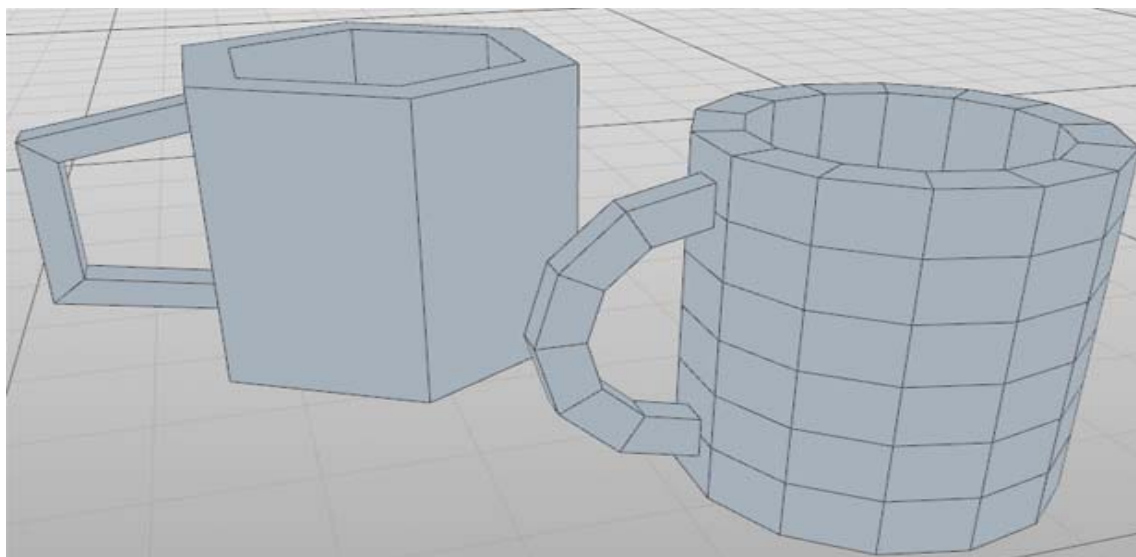


Рис. 6. Сравнение высокополигональной модели кружки (246 граней) и низкополигональной (50 граней)

Для того чтобы оценить эффективность оптимизации высокодетализированных 3D-моделей, была создана сцена из разных типов объектов, к которым были применены описанные выше методы и алгоритмы (рис. 7).

К примеру, к зданиям был применен алгоритм удаления невидимых граней и линий, для оптимизации персонажей использовался алгоритм редукции полигонов, а предметы интерьера были заново смоделированы с использованием техник создания низкополигональных объектов.



Рис. 7. Оптимизированная сцена для запуска на устройствах с низким количеством вычислительных ресурсов

Таким образом, удалось добиться значительного уменьшения количества полигонов в сцене, что наглядно показано в таблице.

Количество полигонов в сцене

Количество полигонов	С полной обрисовкой	Оптимизированный режим
Здание	7460	2062
Персонаж	11 300	3300
Предметы интерьера	2536	688
Всего	21 296	6050

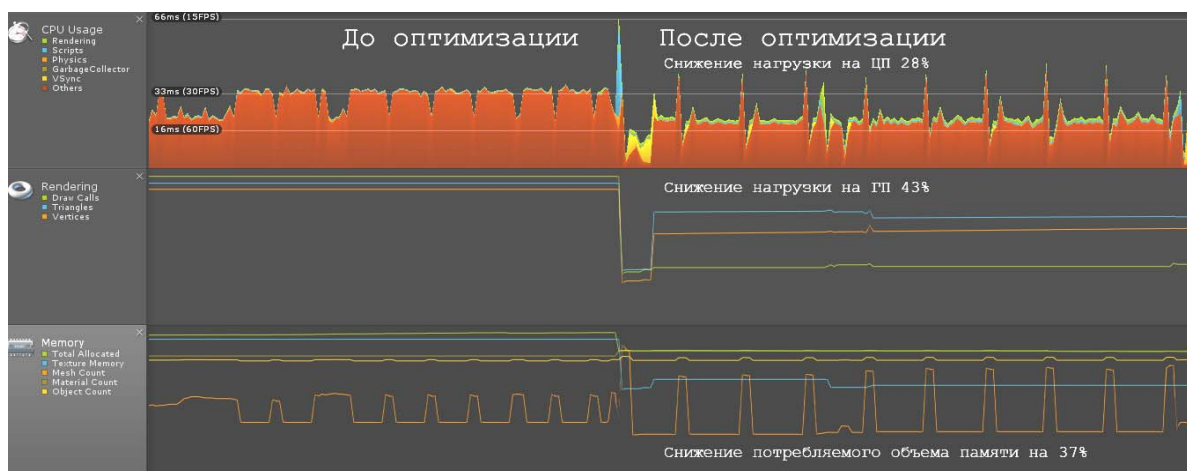


Рис. 8. График нагрузки на центральный и графический процессор до и после оптимизации

Тесты и оценки производительности проводились на базе Unity 3D – мультиплатформенном инструменте для разработки двух- и трехмерных приложений. В конечном итоге сокращение числа полигонов с 21 292 до 6050 дало значительный прирост производительности и уменьшение нагрузки на центральный и графический процессор устройства (рис. 8).

Заключение. В результате использования методов оптимизации, описанных в статье, высокополигональная сцена была преобразована в низкодетализированную. Конечным результатом манипуляций стало уменьшение нагрузки центрального и графического процессора на 28 и 42 % соответственно. Это дало возможность запуска сцены на мобильном устройстве с ограниченными вычислительными ресурсами, что показывает эффективность данных методов и перспективы развития направления в целом.

Библиографический список

1. Алгоритмы удаления невидимых линий и поверхностей [Электронный ресурс]. – URL: http://www.astro.tsu.ru/KGaG/text/5_6.html (дата обращения: 20.11.2013).

2. Low-poly models / Понятие низко-полигональных моделей» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gamedev.ru/art/terms/lowpoly> (дата обращения: 20.11.13).

3. Low Poly Tricks, Tips & Techniques [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.loonygames.com/content/1.6/totb/index5.php> (дата обращения: 20.11.13).

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ В UNITY 3D

Студент гр. АСУ-12 Н.С.Галкин, ассистент Е.А. Ромин
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассмотрены методы создания трехмерной модели местности для эффективного использования в Unity 3D – мультиплатформенном инструменте для разработки трехмерных приложений.

Ключевые слова: моделирование ландшафтов, terrain generator, Unity3D.

CREATING THREE-DIMENSIONAL TERRAIN MODEL IN UNITY 3D

Student gr. ASU-12 N.S.Galkin Assistant Lecturer E.A. Romin
Perm National Research Polytechnic University

Article is devoted to methods of creating three-dimensional terrain models for effective use in Unity3D – multi platform tool for developing three-dimensional applications.

Keywords: modeling landscapes, terrain generator, Unity3D.

При помощи компьютерных тренажеров в современном мире можно получить большой объем практических знаний, что стало возможным благодаря удешевлению вычислительной техники и появлению большого количества сред моделирования 3D реальности. Но для того, чтобы получить практические знания в более короткие сроки и более качественно, необходимо создать тренажеры, которые будут наглядно и достоверно визуализировать учебный процесс. В настоящее время одной из актуальных задач при проектировании и создании тренажерных комплексов является моделирование местности (ландшафта), который бы с высокой точностью повторял существующие ландшафты. Поэтому огромную роль играют «объективные» ландшафты, которые будут передавать четкую картинку местности (расположение объектов, рельеф, физику окружающей среды и т.д.) и иллюстрировать качественно действия рабочей техники в рамках образовательного процесса.

Помимо симуляторов и тренажеров 3D-модели различных ландшафтов играют немаловажную роль в ГИС (геоинформационных системах) и различного рода игровых приложениях, где моделируется окружающая 3D-обстановка, которая придает всем этим приложениям не только увлекательность при использовании, но и наглядность. Таким образом, существует необходимость в максимально доступном и простом способе моделировать ландшафты и местности с различными рельефными особенностями. В этой статье детально рассмотрен пример по созданию высокодетализированного ландшафта в Unity 3D – мультиплатформенном инструменте для разработки трехмерных приложений (рис. 1).

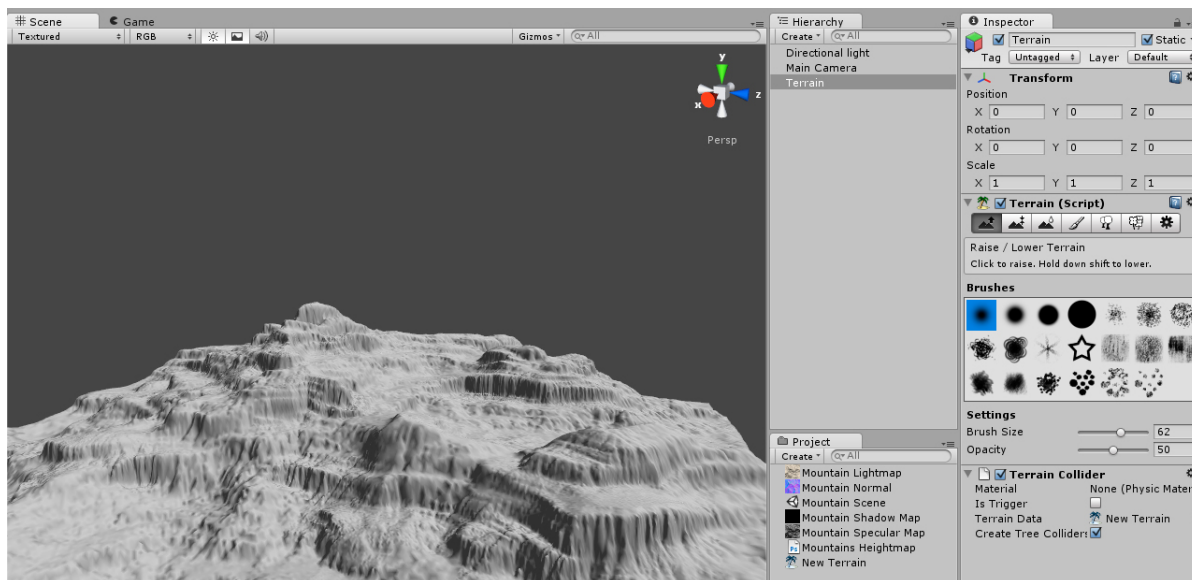


Рис 1. Интерфейс проектирования ландшафтов в Unity3D

Стандартный процесс моделирования ландшафта в Unity выглядит следующим образом [1]:

- создание и задание основных параметров (высота, длина, ширина) для пустого объекта Terrain (выглядит в виде прямоугольной плоскости);
- создание карты высот, рельефа и его обработка при помощи инструментов скульптурного моделирования (обрабатывается исключительно из видения вашей конечной цели);
- нанесение текстур (могут быть использованы как базовые текстуры, так и созданные в различных графических редакторах; наносить текстуры рекомендуется после создания конечного рельефа, так как в противном случае можно получить деформированные текстуры);
- добавление различных источников света (глобальных и локальных) и создание неба (в контексте Unity именуется как SkyBox);
- проработка деталей, особенностей местности и объектов (деревья, трава, вода, камни и т.д.);
- расстановка камер (позволяет создавать визуальные эффекты или принуждает пользователя смотреть так, как хочет создатель приложения).

Методы оптимизации при работе с ландшафтами в Unity 3D

Unity является довольно простым движком в освоении, а главное – бесплатным. Однако для работы с большими сценами и большим количеством объектов необходимо иметь достаточное количество вычислительных ресурсов. Поэтому с точки зрения работы с 3D-моделями ландшафтов необходимо уделять внимание вопросам производительности и оптимизации этих моделей.

Для уменьшения количества полигонов применяется алгоритм редукции полигонов. Редукция – процесс упрощения 3D-модели путем уменьшения количества полигонов. Принцип работы метода заключается в замещении группы полигонов одним, наиболее близким к исходной группе по расположению вершин. Большинство 3D-редакторов имеют возможность задавать интенсивность редукции, что позволяет выбрать нужное соотношение между уровнем проработки модели и экономией вычислительной мощности (рис. 2) [2].

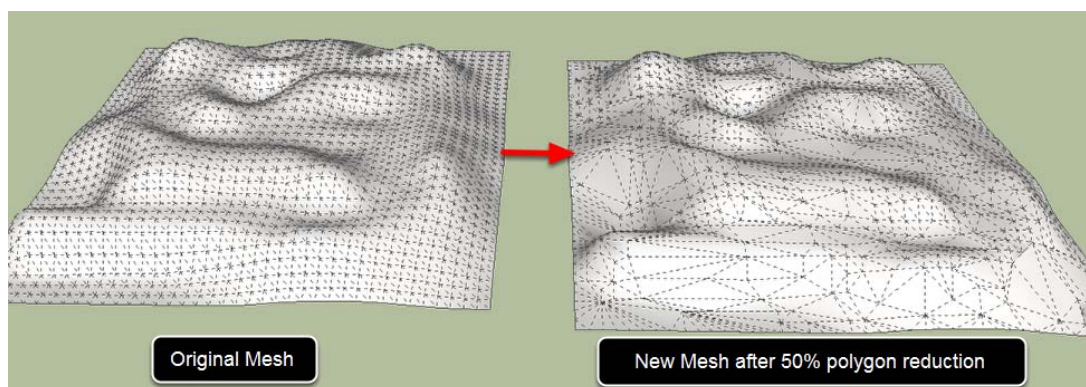


Рис. 2. Использование инструмента редукции полигонов для 3D-модели ландшафта

К достоинствам данного метода относят легкость использования и высокую скорость обработки. Однако недостатками являются искажение модели при сильном или неправильном применении метода и необходимость перерисовки текстур, если на первичную модель уже была наложена текстура. На изображениях видно, что количество полигонов уменьшилось в разы, но при этом детальность картинki осталась практически нетронутой, поэтому этот метод можно смело применять на практике, решая задачи по экономии вычислительных ресурсов.

Также при моделировании ландшафта важно учитывать, что на нем могут присутствовать различные элементы (камни, деревья, здания и т.п.), которые будут придавать уникальность моделируемой местности. Процесс отрисовки каждого элемента – это трудоемкая задача для компьютера. Occlusion Culling – функция Unity, которая отключает отрисовку объектов, невидимых камерой или заслоняемых другими объектами в данный момент времени (рис. 3) [3].

При создании ландшафта местности одним из ключевых вопросов является освещение, потому что при помощи света и тени можно скрыть недостатки сцены после оптимизации. Свет используется для освещения объектов и создания нужного визуального настроения. Unity позволяет моделировать разные типы источников света: солнце, фонари, горящие костры и прочее.

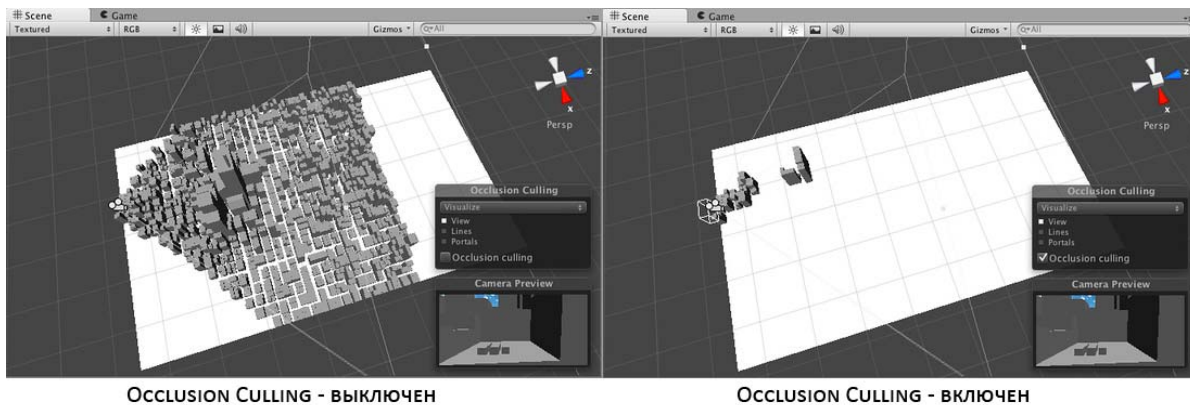


Рис. 3. Использование инструмента Occlusion Culling для отключения объектов, которые в данный момент не видны основной камере

К примеру, для создания «Солнца» обычно используется инструмент Direction Light, так как он влияет на все поверхности в сцене. Особенностью Direction Light является то, что для своей работы этот инструмент потребляет мало ресурсов графического процессора. Для создания других источников света, к примеру, уличных, автомобильных фонарей применяют инструмент Point Light, так как он идеально повторяет их естественный свет. Но данный тип освещения потребляет наибольшее количество ресурсов графического процессора (рис. 4).

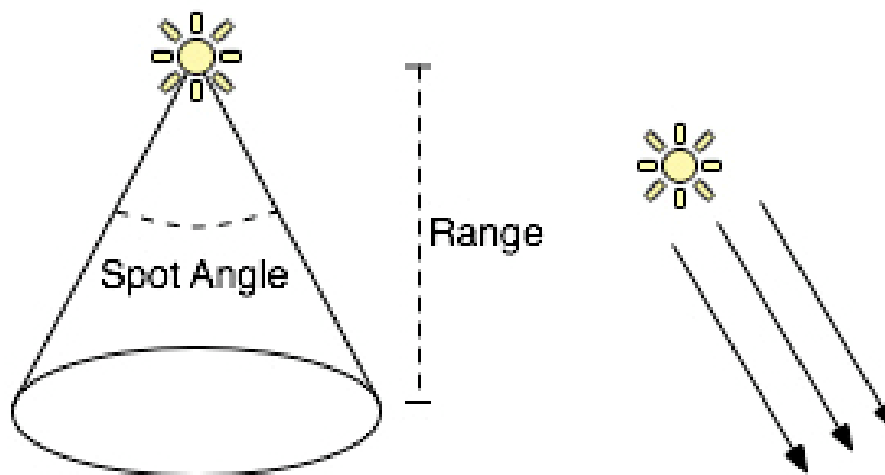


Рис. 4. Принцип работы Point и Direction Light

Не менее важным вопросом при моделировании сцены является создание неба, которое было бы не только реалистичным, но и потребляло наименьшее количество ресурсов. Для создания неба в Unity существует специальный инструмент SkyBox, который представляет из себя обертку всей сцены и является ничем иным, как панорамной фотографией неба в определенном состоянии (рис. 5).

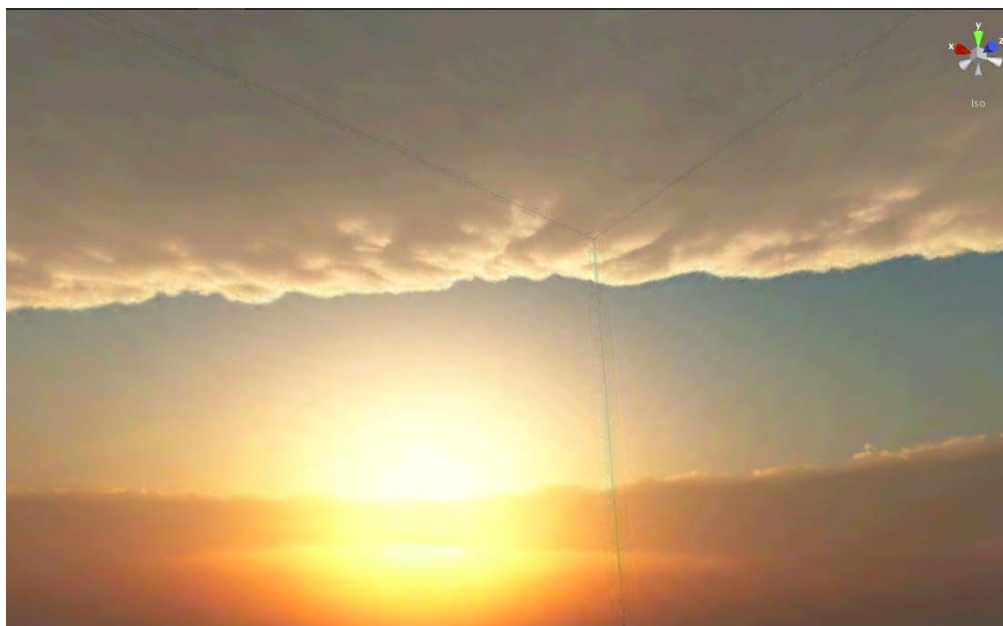


Рис. 5. Пример работы инструмента SkyBox для моделирования неба

Используя вышеописанные методы создания и оптимизации 3D-ландшафтов, была создана тестовая сцена для интерактивного приложения WitchCraft в программном пакете Unity (рис. 6).



Рис. 6. Конечный результат моделирования

При подготовке тестовой сцены необходимо было свести к минимуму количество полигонов на самом ландшафте и объектах для экономии ресурсов компьютера, чтобы позволить приложению работать более плавно и в более высоких разрешениях. Приложение было протестировано на вычислительном устройстве со следующими характеристиками: операционная система: OS X Mavericks; процессор: 1,3 GHz Intel Core i5 Haswell; оперативная память: 4 Gb 1600 Ghz DDR3; видеокарта: Intel HD 5000 1024 Mb (рис. 7).

```
Graphics: 83.3 FPS (12.0ms)
Main Thread: 12.0ms Renderer: 1.4ms
Draw Calls: 197 Saved by batching: 0
Tris: 157.1k Verts: 130.5k
Used Textures: 17 - 8.0 MB
Render Textures: 1 - 469.3 KB switches: 0
Screen: 1440x812 - 13.4 MB
VRAM usage: 13.8 MB to 23.4 MB (of 1.00 GB)
VBO Total: 173 - 2.0 MB
Shadow Casters: 0
Visible Skinned Meshes: 0 Animations: 0
```

Рис. 7. Ресурсоемкость тестовой сцены при заданной конфигурации

На этапе тестирования приложение показало хорошие показатели FPS, что свидетельствует о том, что местность смоделирована «экономно», несмотря на большую площадь с разнообразным рельефом и достаточно большое количество объектов.

Описанный подход к созданию и оптимизации трехмерной модели местности может быть применен для разработки интерактивных приложений на базе Unity 3D для различного типа приложений (симуляторы, ГИС-системы и интерактивные игровые приложения), что делает его универсальным и полезным.

Библиографический список

1. Unity 3D Basic Info and Tutorials [Электронный ресурс]. – URL: http://www.csit.carleton.ca/~arya/ds4/etc/Unity_Tutorial.pdf (дата обращения: 20.11.13).
2. Grome Terrain Modeling with Ogre3D, UDK and Unity 3D [Электронный ресурс]. – URL: <http://it-ebooks.info/book/2036/> (дата обращения: 20.11.13).
3. Occlusion Culling [Электронный ресурс]. – URL: <http://unity3dscripsts.16mb.com/translate/occlusion/01/> (дата обращения: 20.11.13).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Студент гр. ТК-12м Д.Г. Чухрий

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.А. Байдаров*

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

В работе исследуются современные принципы и подходы применения технологии виртуализации при построении современных информационных систем на базе ИТ-инфраструктуры предприятия. Рассмотрены решения и проведен анализ подходов по организации виртуализированного ЦОД на базе платформы Microsoft Hyper-V 3.0.

Ключевые слова: виртуализация, информационная система, центр обработки данных, облачные системы, ИТ-инфраструктура.

VIRTUALIZATION TECHNOLOGY APPLY IN CONSTRUCTING MODERN INFORMATION SYSTEMS

Student gr. TC-12m D.G. Chukhry

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *A.A. Baydarov*

Perm National Research Polytechnic University

In this paper the modern principles and approaches of application of technology of virtualization at creation of modern information systems on the basis of enterprise IT infrastructure are investigated. Decisions are considered and the analysis of approaches on the organization of virtualized TsOD on the basis of the Microsoft Hyper-V 3.0 platform is carried out.

Keywords: virtualization, information system, data-processing center, cloud systems, IT infrastructure.

В современных системах одним из основных направлений деятельности, ориентированных на повышение эффективности ИТ-инфраструктуры, является совместное использование технологий виртуализации, распределенных вычислений и сервис-ориентированной архитектуры (SOA). Конвергенция этих технологий позволяет решать множество задач, стоящих перед ИТ-подразделениями. Виртуализация является базовой технологией, лежащей в основе этой конвергенции.

Виртуализация – процесс представления набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, который дает какие-либо преимущества перед оригинальной конфигурацией. Это новый «виртуальный» взгляд на ресурсы, не ограниченных реализацией, географическим положением или физической конфигурацией составных частей. Обычно виртуализированные ресурсы включают в себя вычислительные мощности, сетевое оборудование и хранилища данных [1].

Основываясь на современных потребностях компаний, следует отметить, что актуальным вопросом при построении современных интеллекту-

альных информационных систем в рамках развития и построения ИТ-инфраструктуры, необходимой для работы соответствующих систем, являются создание и эффективное функционирование центров обработки данных (ЦОД).

Применение технологии виртуализации при организации ЦОД становится достаточно распространенным явлением. При их создании предприятия в первую очередь решают задачи контроля растущих расходов и сложности ИТ за счет консолидации, совместного использования ресурсов и повышения использования активов [1]. Основные технологии, используемые для построения виртуальных ЦОД, становятся все более доступными, ряд крупных ИТ-компаний старается предложить все более доступные необходимые решения (Microsoft, IBM, VMware, EMC и др.).

Цель построения интеллектуальных облачных систем на основе технологий виртуализации начинается с задачи построения виртуального ЦОД и состоит прежде всего в создании общего пула ресурсов, доступного через распределенную сеть предприятия. Благодаря виртуализации понятие «аппаратная платформа» сменилось понятием «логическая платформа», объединяющим набор логических (виртуальных) ресурсов, необходимых для функционирования приложения. Соответственно, главная задача виртуального ЦОД состоит в том, чтобы обеспечить размещение логических платформ, то есть выделение им физических ресурсов. Стандартной функцией современных средств виртуализации является возможность оперативной динамической (без остановки приложений) реконфигурации платформы (добавления или изымания ресурсов) и перемещения платформы на другие физические ресурсы в пределах одного ЦОД или даже между различными ЦОД [2].

Одним из ключевых отличий виртуализованных ЦОД от традиционных серверных инфраструктур является абстрагирование от таких физических ресурсов, как серверы, сети и дисковые ресурсы. Они объединяются на более высоком уровне в пулы ресурсов, домены обновления, отказоустойчивые кластеры и т.д. [3]. Эти логические объединения относятся к физической инфраструктуре и помогают принимать информированные решения по подготовке и управлению ресурсами.

Пулы ресурсов включают серверы, сеть и хранилища, предоставляют в совместное использование общее оборудование и исходные конфигурационные параметры. Для обеспечения модульности при построении виртуализованного ЦОД используются единицы масштабирования. Это набор, состоящий из определенного количества серверов, сети и устройства хранения и развертываемый как единый модуль.

Для обеспечения надежности серверы и связанные с ними сети и хранилища объединяются в отказоустойчивые кластеры. Эта группа включает от двух и более серверов, настраиваемых и управляемых как единый ресурс. Возможно использование механизма балансировки нагрузки, который позволяет нескольким серверам работать, как пул с одним общим сетевым именем. Когда клиенты запрашивают сетевые ресурсы, отвечает один из узлов. Сервер, который должен ответить за клиентский запрос, определяется по алгоритму, выбирающему серверы так, чтобы каждый из них обрабатывал определенную долю клиентских запросов.

На рисунке представлен пример базовой инфраструктуры единицы масштабирования виртуализованного ЦОД, ориентированного на предоставление сервисов через веб-доступ. Физический уровень представлен 8 серверами и системой хранения данных, объединенных сетью *Gigabit Ethernet* с помощью коммутатора.

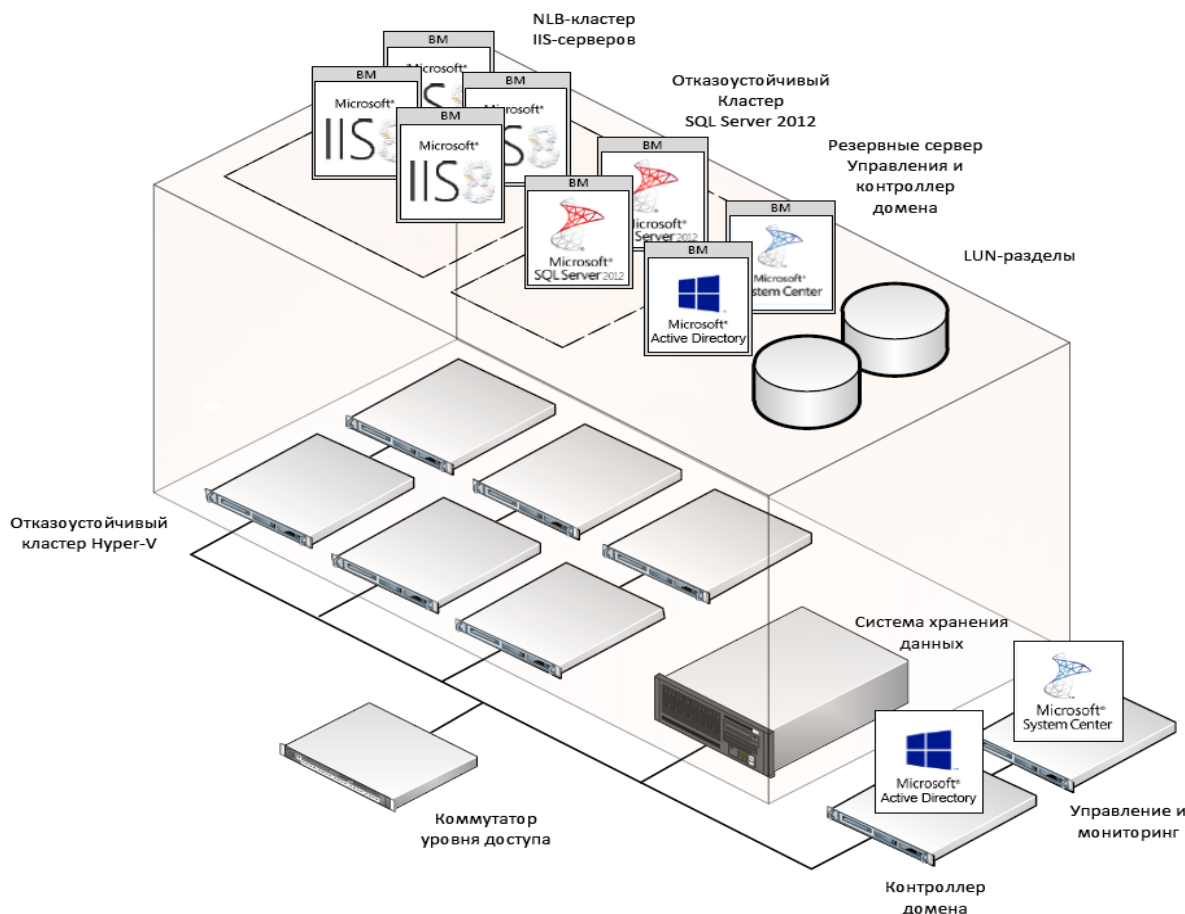


Рис. Базовая инфраструктура виртуализованного ЦОД

Доступ к системе хранения данных осуществляется по протоколу iSCSI, используя агрегированный канал, объединяющий несколько линий 1 Гбит/с по технологии *Ether Channel*. Это обеспечивает высокую доступ-

ность системы хранения, что необходимо для осуществления механизмов живой миграции виртуальных машин и высокоскоростного доступа к базам данных.

Представленная архитектура предполагает разделение сетевого трафика данных, управления и сети хранения данных (SAN) с помощью виртуальных локальных сетей VLAN. Кроме того, в зависимости от конкретной цели и конкретной реализации может быть изолирован и трафик различных групп виртуальных машин и приложений.

Представленный пример основывается на программном обеспечении *Microsoft*, поскольку *Microsoft* выпускает полный спектр продуктов для построения облачных и виртуальных систем, что обеспечивает полную совместимость и удобство управления инфраструктурой. В качестве программной основы выступает операционная система *Microsoft Windows Server 2012*. На ее основе развертываются инфраструктура виртуализации, представленная *Hyper-V 3.0*, а также необходимые приложения и сервисы.

По одному физическому серверу выделяется для использования в качестве контроллера домена и сервера управления и мониторинга, на котором развертываются приложения для управления инфраструктурой, такие как *Microsoft System Center* и *PowerShell*. Такое решение продиктовано необходимостью отделения основных средств управления от инфраструктуры виртуализации, поскольку сбой в работе виртуализованного контроллера домена или сервера управления влечет за собой сбой всей инфраструктуры виртуализации.

Оставшиеся шесть серверов объединяются в отказоустойчивый кластер *Hyper-V*. При этом жесткие диски виртуальных машин хранятся в логических разделах (LUN) системы хранения данных. При отказе отдельного сервера виртуальные машины, запущенные на нем, будут запущены на других серверах без перерыва в их работе. На основе данной инфраструктуры развертываются виртуальные машины, на которые устанавливаются *Windows Server 2012* и прикладные сервисы. В отдельную группу выделяются виртуальные машины для организации отказоустойчивого кластера *Microsoft SQL Server 2012*. По одной виртуальной машине используется для организации резервного контроллера домена и сервера управления на случай выхода из строя физических серверов. Резервные виртуальные машины призваны обеспечить работоспособность инфраструктуры во время восстановления отказавшего физического сервера. Остальные виртуальные машины организуются в кластер балансировки нагрузки (NLB) с ролью сервера IIS для предоставления веб-сервисов пользователям. NLB-кластер позволяет масштабировать инфраструктуру,

в зависимости от нагрузки на сервисы без остановки ее работы. Каждой группе виртуальных машин выделяется изолированный LUN в качестве хранилища.

Данная архитектура предоставляет высокий уровень отказоустойчивости и масштабируемости. Отказоустойчивость обеспечивается как объединением в кластеры серверов виртуализации, так и организацией резервных виртуальных машин. Масштабируемость достигается благодаря использованию типовых виртуальных машин, объединенных в кластеры. Нарращивание вычислительных мощностей может быть достигнуто в достаточно короткие сроки с помощью развертывания дополнительных виртуальных машин на основе шаблонов.

Библиографический список

1. Облачные сервисы. Взгляд из России / под ред. Е. Гребнева. – М.: CNews, 2011. – 282 с.
2. Методические разработки компании VMWare The Roadmap to Virtual Infrastructure: Practical Implementation Strategies. Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс.
3. Зембики Д. Облачные вычисления: Построение архитектуры частного облака от TechNet Magazine. – 2011. – URL: <http://technet.microsoft.com/ru-ru/magazine/hh127072.aspx>

АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕДАКТОРА КАРТ РАСКРОЯ

Студент гр. РИС-12-1 В.А. Рутин

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент *Р.Т. Мурзакаев*,
ассистент *В.С. Шилов*

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Предложены алгоритмы функционирования редактора карт раскроя при перемещении деталей с соблюдением технологических ограничений. Рассмотрен метод корректной визуализации масштабирования рабочей области.

Ключевые слова: карты раскроя, редактор, визуализация, масштабирование, перемещение объектов.

FUNCTIONING ALGORITHMS OF THE CUTTING CHARTS EDITOR

Student gr. RIS-12-1 V.A. Rutin

Scientific advisers: Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *R.T. Murzakaev*, Assistant Lecturer *V.S. Shilov*
Perm National Research Polytechnic University

Article proposes functioning algorithms of the cutting charts editor when one is moving details compliance with the technological limitations. Method of the correct visualization of workspace scaling was considered.

Keywords: cutting chart, editor, visualization, scaling, object movement.

Немаловажной составляющей любого приложения является дружелюбный, удобный и функциональный интерфейс [1]. При разработке программ часто возникают ситуации, когда общепринятых стандартных инструментов моделирования GUI, таких как меню, кнопки, поля ввода информации, бывает недостаточно для полного решения поставленной задачи.

Часто пользователю необходимы инструменты визуализации и интерактивного изменения результатов работы алгоритмов – необходимы редакторы. Разработку такого инструмента рассмотрим подробнее.

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

Выделим следующие задачи:

- 1) масштабирование и перемещение видимой области;
- 2) выделение отдельной детали или группы деталей и их перемещение по листу;
- 3) поддержка механизма корректного перемещения деталей.

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

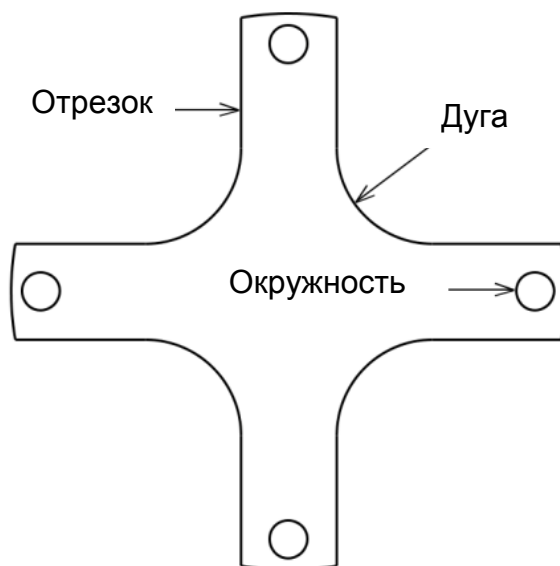


Рис. 1. Чертеж детали

Проектирование класса. Необходимый для реализации класс будем наследовать от стандартного класса языка Java `JPanel`. При этом класс должен содержать метод `paintComponent (Graphics g)`, который будет отвечать за прорисовку компоненты родительского класса и за отображение деталей на этой компоненте. В метод `paintComponent` передается экземпляр класса `java.awt.Graphics`, который предоставляет необходимый функционал визуализации графики посредством стандартных библиотек Java [3].

В классе будем хранить списки деталей и переменные, хранящие информацию о зазорах между деталями, деталями и краем листа, о длине и ширине листа. Детали и лист имеют размеры, которые не соответствуют размерам окна. Для того чтобы объекты отображались корректно, необходимо провести масштабирование и перемещение деталей и листа в видимую часть окна. Результат работы базового функционала класса (прорисовка деталей, листа) приведен на рис. 2.

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

- использование стандартного класса `AffineTransform`, реализующего метод аффинных преобразований над двумерным пространством;
- написание собственных методов масштабирования и перемещения.

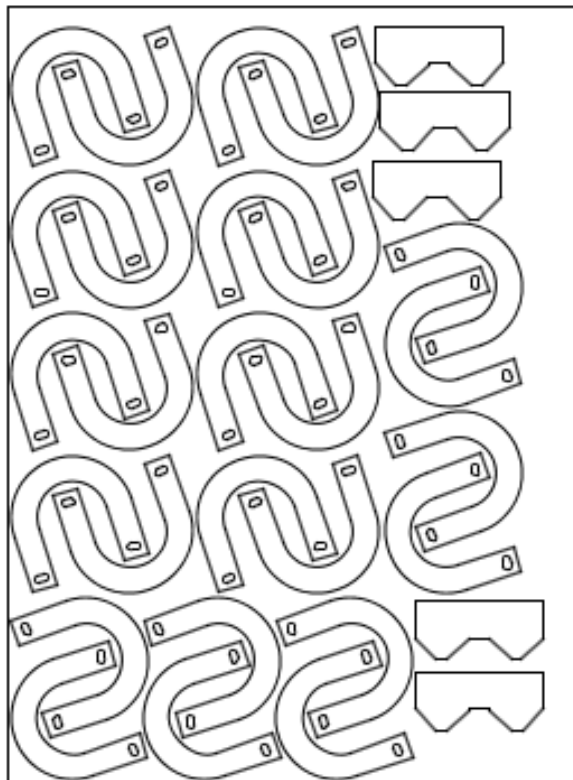


Рис. 2. Результат работы базового функционала класса

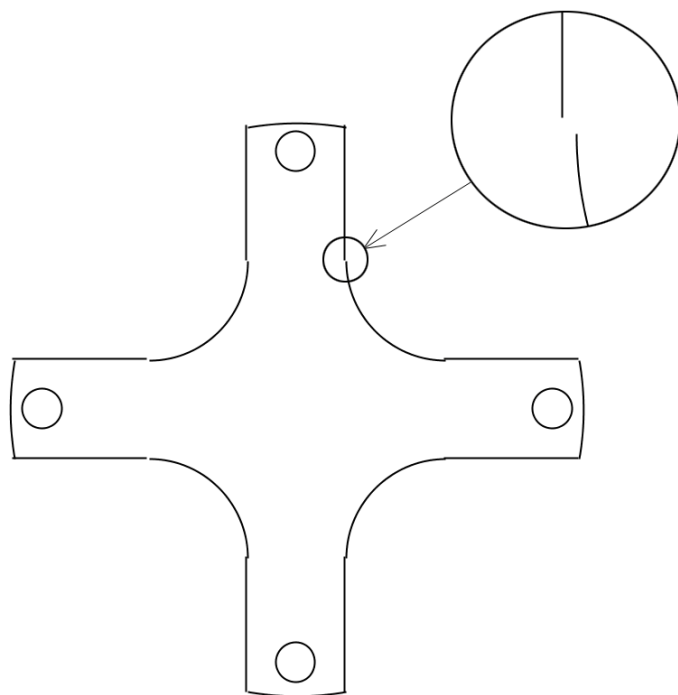


Рис. 3. Разрыв контура детали при использовании класса `AffineTransform`

При реализации масштабирования видимой области посредством стандартного класса `AffineTransform` при больших коэффициентах масштабирования «прорисовка» деталей имеет большую погрешность, вследствие чего наблюдается разрыв контура детали в местах стыковки ее частей (рис. 3).

Следовательно, использование данного класса будет уместно в проектах, где точность расчетов не так важна, например в играх. В остальных случаях необходимо использовать иной способ решения данной задачи. Для реализации масштабирования и перемещения видимой области введем дополнительные поля класса: *scale* и *shift*. Первый будет хранить коэффициент масштабирования, второй – вектор перемещения.

Поле *scale* необходимо изменять в процессе «скроллинга» колесика мыши. Учитывая, что коэффициент вращения колеса мыши слишком большой, его необходимо делить на некоторую константу, например десять, чтобы масштабирование видимой области происходило плавно. Отметим, что данная операция будет производиться относительно положения курсора (рис. 4, а), а не относительно начала координат используемого двумерного пространства (рис. 4, б).

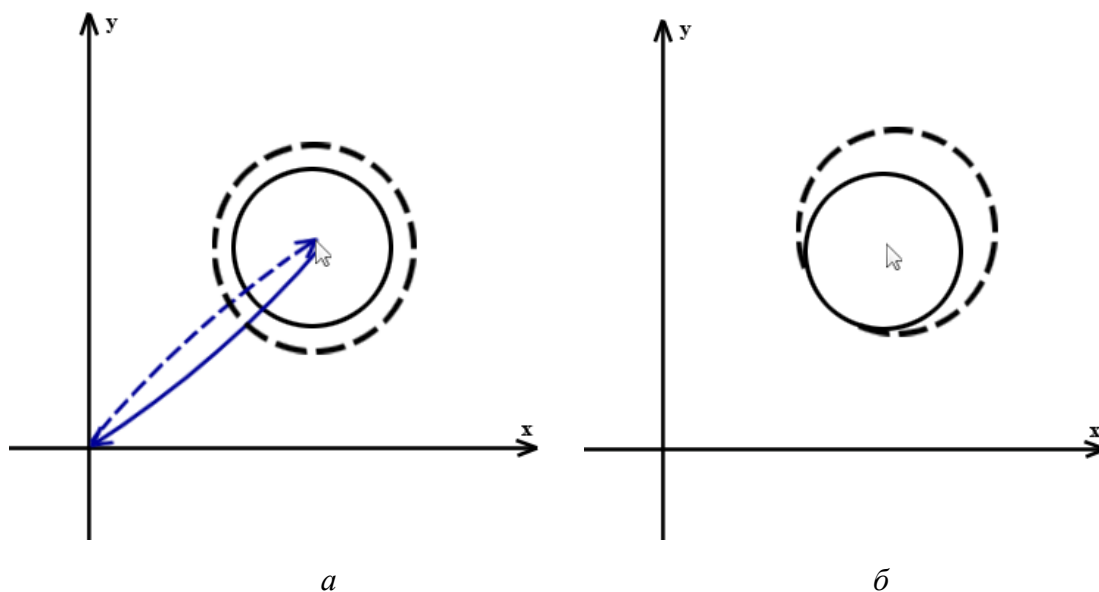


Рис. 4. Результат масштабирования относительно: а – мыши; б –относительно начала координат

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

Выделение деталей. Рассмотрим выделение как группы деталей, так и единичных объектов. Для выделения единичных объектов достаточно

проверить, принадлежит ли точка, соответствующая координатам мыши, контуру или внутренней области детали. Если точка принадлежит контуру или внутренней области детали, то данная деталь считается выделенной. При этом если нажата клавиша Ctrl, то деталь будем добавлять к ранее выделенным.

Для выделения группы объектов дополнительно построим прямоугольник (рис. 5) и проверим его на столкновение с контуром каждой детали. Если пересечение обнаружено, то деталь считается выделенной. Все выделенные детали обозначим синим цветом. Поскольку при анализе столкновений необходимо рассматривать все выделенные детали как один объект, то объединим контуры данных деталей.

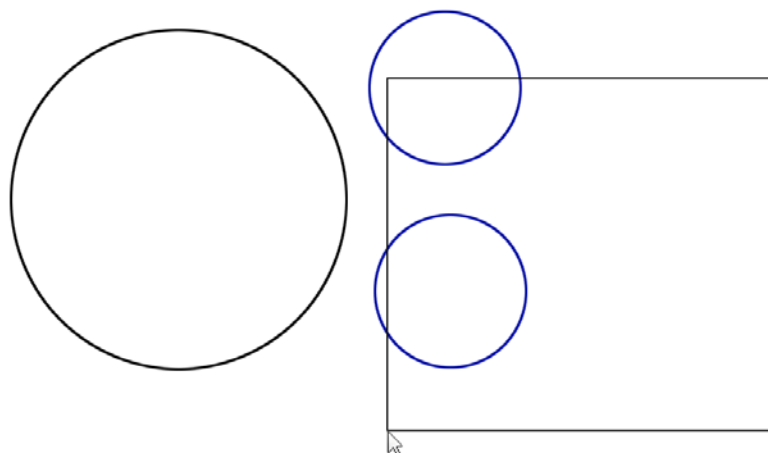


Рис. 5. Выделение деталей

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

Если при перемещении детали (рис. 6, *a*) или группы деталей обнаружим, что она пересекается с какой-либо другой деталью, группой деталей или с краем листа, то построим вектор «выталкивания» из контура объектов, с которыми обнаружены пересечения (рис. 6, *б*), а потом переместим выделенные детали на этот вектор (рис. 6, *в*). После перемещения контура выделенных деталей на вектор выталкивания повторно проверим пересечения деталей, и если такая коллизия обнаружена, переместим выделенные детали на вектор, обратный вектору смещения (обозначен пунктиром, рис. 6, *г*), то есть возвратим в первоначальное положение (см. рис. 6, *a*).

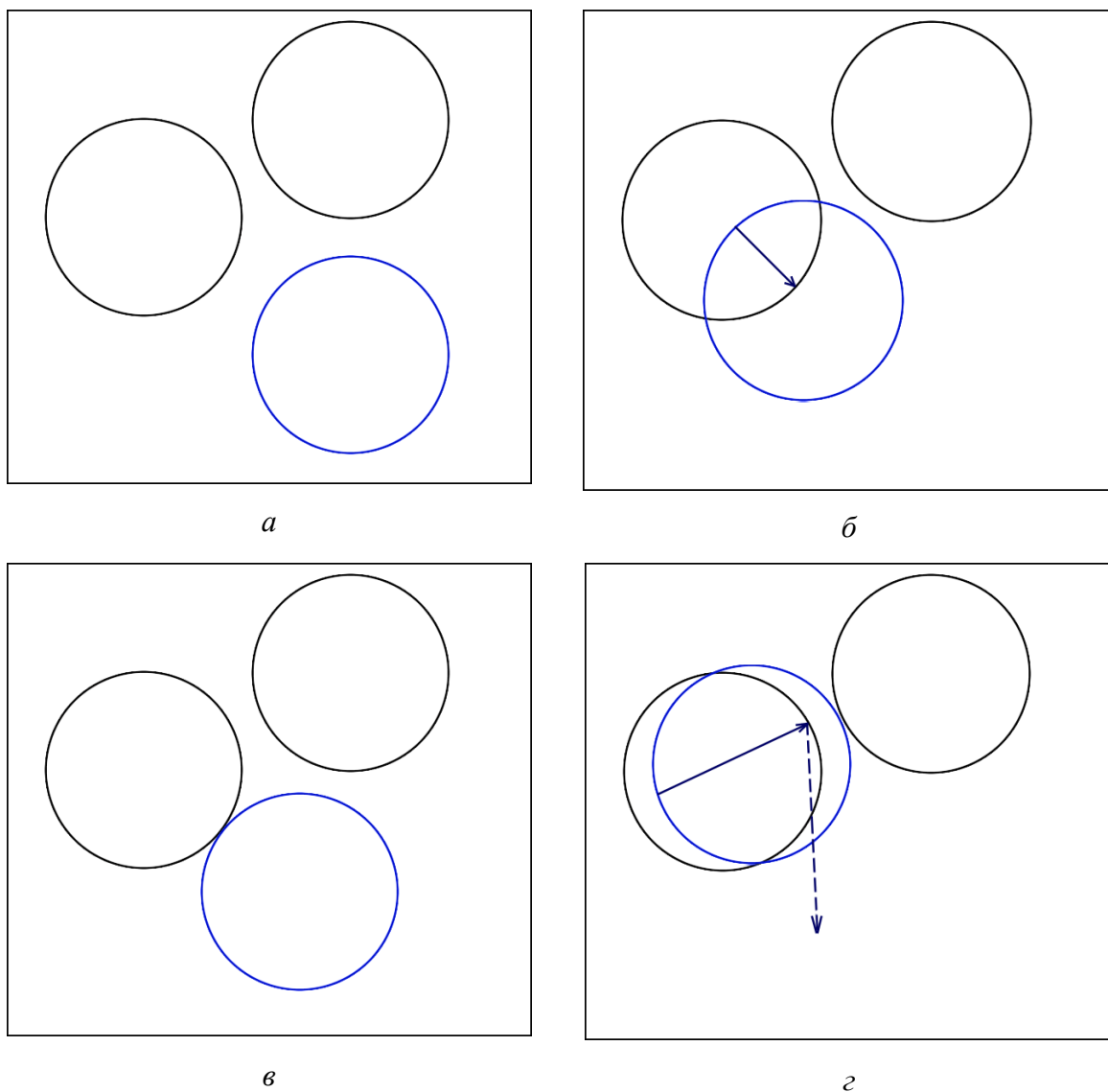


Рис. 6. Различные варианты выталкивания деталей

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

Заключение. Реализован класс, позволяющий визуализировать карты раскроя, масштабировать и перемещать изображения деталей и листа, перемещать детали с учетом непересечения контуров и «скольжения» их относительно друг друга, относительно краев листа, а также с возможностью точного позиционирования деталей относительно друг друга. Класс использован при создании редактора карт раскроя программного комплекса «ITAS Nesting» [4].

Библиографический список

1. Файзрахманов Р.А., Архипов А.В. Проектирование автоматизированных информационных систем на основе объектно ориентированного подхода: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 222 с.

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

3. Graphics2D (Java Platform SE 7) – URL: <http://goo.gl/74WyeQ> (дата обращения: 09.12.2013).

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

Секция 3
ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВИБРАЦИОННЫЙ ГРОХОТ

Студент гр. МХП-6в М.А. Гафуров

Научный руководитель – ассистент А.А. Вандышева
Балаковский институт техники, технологии и управления

На основании изученных конструкций грохотов и характера перемещения материала по ситам грохота нами предлагается конструктивная оптимизация, увеличивающая эффективность грохочения за счет вызывания явления сегрегации на поверхности сита. Излагая новые достижения в области практики и теории вибрационных машин, работа будет способствовать успешному внедрению вибротехники в промышленность.

Ключевые слова: грохочение, вибрационный грохот, классификация сыпучего материала, конструктивная оптимизация, сегрегация.

VIBRATING SCREEN

Student of group MHP-6v M.A. Gafurov

Scientific adviser – Assistant Lecturer A.A. Vandysheva
Balakovski Institute of Engineering, Technology and Management

On the basis of the studied designs of grohotos and nature of movement of a material on a roar sieve we offer the constructive optimization increasing efficiency of a grokhocheniye at the expense of calling of the phenomenon of a segregation by a surfaces of a sieve. Stating new achievements in the field of practice and the theory of vibration cars, the robot will promote successful introduction of vibroequipment in the industry.

Keywords: grokhocheniye, vibration roar, classification of a loose material, constructive optimization, segregation.

Вибрационные машины получают все более широкое применение в самых разнообразных отраслях промышленности. Расширяется область применения зарекомендовавших себя ранее вибромашин, вновь создаются вибромашин для осуществления новых операций. Это обусловлено конструктивной простотой вибромашин, во многих случаях более высокой, чем у обычных машин, технологической эффективностью. Применение вибрационной техники в промышленности в ряде случаев позволяет коренным образом усовершенствовать технические процессы.

Грохочение – это процесс разделения исходной массы по крупности на плоских или криволинейных просеивающих поверхностях, выполняемых машинами (грохотами), в которых сортируемый материал пропускают через колосниковые решетки для сита с отверстиями заданного размера и формы. Число получаемых фракций материала определяется числом сит в грохоте, а крупность фракций – размерами отверстий в этих ситах (решетах). При этом материал, прошедший и не прошедший через сито, называют соответственно верхним и нижним классом. Эффективность грохочения определяется как отношение (в процентах) массы зерен,

прошедших через сито, к количеству материала такой же крупности, содержащегося в исходном материале.

Из всех известных грохотов наиболее распространенными являются вибрационные грохоты*. На основании изученных конструкций грохотов и характера перемещения материала по ситам грохота нами предлагается конструктивная оптимизация, увеличивающая эффективность грохочения за счет вызывания явления сегрегации на поверхности сита. Сегрегация – это процесс образования неоднородности смеси полифракционного сыпучего материала, вызываемой вибрацией, за счет разного удельного веса каждой фракции. Таким образом, мелкая фракция, имеющая больший удельный вес по отношению к крупной, перемещается в нижний слой, тем самым вытесняя более крупную фракцию, имеющую по отношению к мелкой больший удельный вес.

На рисунке изображена конструкция грохота с повышенной эффективностью грохочения за счет силиконовых перегородок, установленных на поверхности сита, перпендикулярно потоку движения материала.

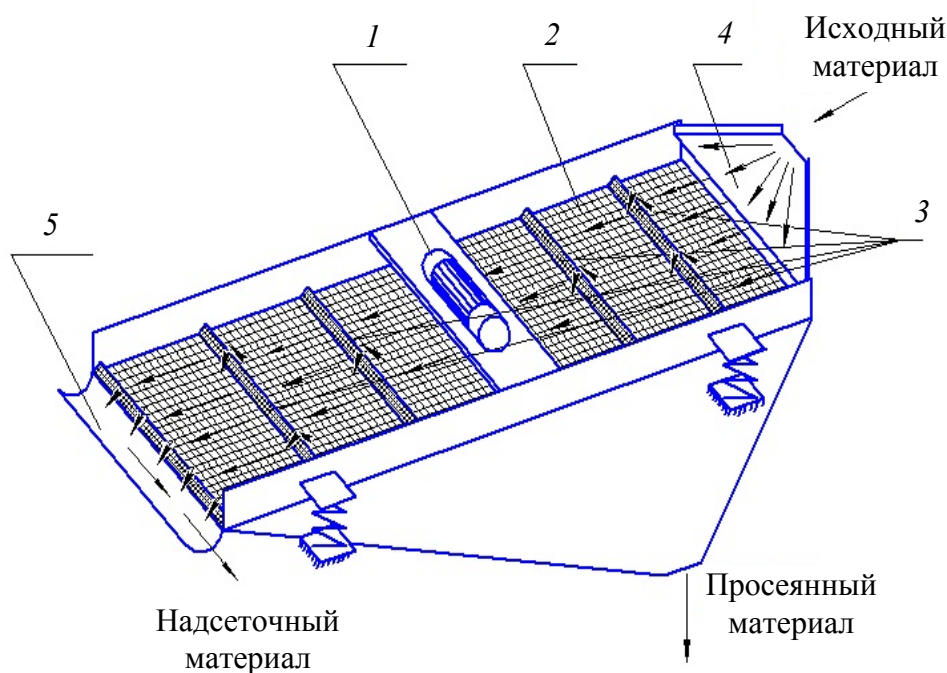


Рис. Вибрационный грохот состоит из: 1 – вибровозбудитель; 2 – сито; 3 – силиконовые перегородки; 4 – подводящий канал; 5 – отводящий канал

На вибрационный грохот по подводящему каналу 4 подается сухой, сыпучий материал. Под действием вибрации, вызванной вибровозбудителем 1, материал грохочется, перемещаясь к отводящему каналу 5. Сили-

* Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. – М.: Недра, 1986. – 144 с.

коновые перегородки 3 создают препятствие для прохождения материала, вызывая тем самым сегрегацию. Мелкая фракция, обладающая большей насыпной плотностью по отношению к крупной, оседает вниз, пролетает через ячейки сетки. Более крупная фракция с непросеянными мелкими частицами пересыпается через силиконовую перегородку и проходит по сетке до тех пор, пока не дойдет до следующей перегородки, и затем процесс повторяется. Пройдя все перегородки, материал по отводящему каналу 5 отводится из зоны грохочения. Надсеточный материал содержит в себе намного меньше мелкой фракции, чем при грохочении без силиконовых перегородок, что свидетельствует о повышении эффективности работы вибрационного грохота.

Данная конструкция грохота позволяет избегать повторного грохочения, надсеточный материал поступает в рецикл технологической линии без мелкой фракции, что позволяет достигнуть безотходное и энергоэффективное производство, уменьшая себестоимость готового продукта и возможность занимать достойное внеконкурентное положение на рынке. Новые достижения в области практики и теории вибрационных машин будут способствовать успешному внедрению вибротехники в промышленность.

РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ СУШКЕ СЕМЯН РЫЖИКА

Канд. техн. наук, докторант Л.Н. Фролова,
аспирант И.В. Драган, магистрант С.В. Мошкина

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Предложены технологические приемы, которые позволяют реализовать способ сушки семян рыжика и установку для его осуществления как энергосберегающую и экологически безопасную технологию.

Ключевые слова: технология, семена рыжика, энергосбережение, сушка.

ENERGY RESERVES FOR DRYING RYZHIKOV

Ph.D., doctorant L.N. Frolova, Graduate Student I.V. Dragan,
Undergraduate Student S.V. Мошкина

Voronezh State University of Engineering Technology

Proposed processing methods that allow you to implement a method for drying seeds ryzhikai installation to implement it as energy-efficient and environmentally safe technology.

Keywords: technology, false flax seeds, energy saving dryers.

Российская Федерация является крупнейшим производителем зерна и масличных культур. Наибольший удельный вес в структуре зерновых и масличных культур занимают ведущие культуры – пшеница, рожь, овес, рапс, рыжик, соя, масличный лен и другие, на долю которых приходится более 65 % от общего сбора урожая. В этой связи сушка как важнейшее звено послеуборочной обработки зерна должна в кратчайшие сроки обеспечить его полную сохранность.

При дефиците энергетических ресурсов ставятся вопросы о рациональном использовании энергии в процессах сушки зерна и масличных культур.

Для решения указанных вопросов нами предложены элементы конструирования установки для сушки семян рыжика в осциллирующих режимах с циклическим вводом антиоксиданта (рисунок).

Внесение антиоксиданта в две стадии обусловлено тем, что в настоящее время стабилизацию осуществляют или термической обработкой, или воздействием антиоксидантов и консервантов. В первом случае недостатком является высокая температура при термической обработке, а во втором – значительный расход химических реактивов.

В предлагаемой установке используется комбинированное воздействие на семена рыжика при максимально возможной температуре без ущерба качеству готового продукта за счет его сушки в кипящем слое и с использованием минимального количества реагента. В результате

этого достигается интенсификация процесса обработки исходного продукта при максимальной эффективности процесса стабилизации. Двухстадийное охлаждение семян позволяет достичь нулевой активности содержащихся в них ферментов и исключить возможность возникновения процессов, приводящих к снижению его качества при хранении.

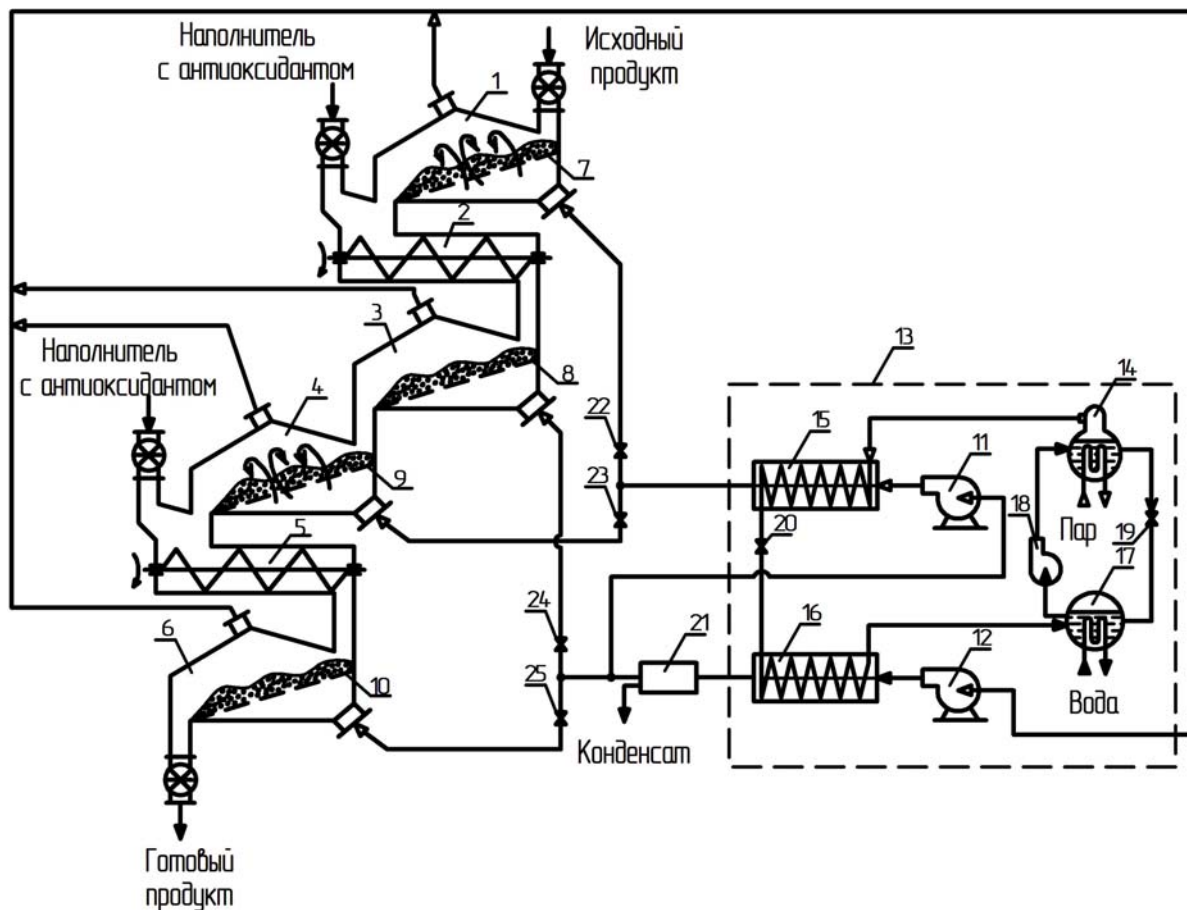


Рис. Установка для осуществления способа сушки семян рыжика в осциллирующих режимах с циклическим вводом антиоксиданта: 1, 4 – камеры нагрева; 2, 5 – смесители; 3, 6 – камеры охлаждения; 7, 8, 9, 10 – наклонные перфорированные решетки; 11, 12 – вентиляторы; 13 – абсорбционная холодильная машина; 14 – кипятыльник; 15 – конденсатор; 16 – испаритель; 17 – абсорбер; 18 – насос; 19, 20 – терморегулирующие вентили; 21 – влагоотделитель; 22–25 – заслонки

Предложено использовать абсорбционную холодильную машину для подготовки сушильного агента в циклах нагрева и охлаждения семян рыжика. Ее применение позволяет рационально использовать теплоту сушильного агента и обеспечить наиболее высокие экономические показатели [1, 2].

Дополнительные технологические приемы позволяет реализовать предлагаемый способ и установку для его осуществления как энергосберегающую и экологически безопасную технологию, при этом достигается

высокое качество продукта за счет подавления процессов окисления жирных кислот с помощью антиоксиданта и подготовки теплоносителя в замкнутом цикле. Рекуперация теплоты конденсации хладагента в конденсаторе адсорбционной холодильной машины используется для нагрева сушильного агента, что создает реальные перспективы в экономии энергозатрат.

Библиографический список

1. Математическое описание процесса сушки семян рапса в осциллирующих режимах / А.А. Шевцов, Д.А. Бритиков, Л.Н. Фролова, А.С. Лесных // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2011. – № 10. – С. 73–75.
2. Принципы конструирования сушильной установки для сушки масличных культур с циклическим вводом антиоксиданта / А.А. Шевцов, Д.А. Бритиков, Л.Н. Фролова, А.С. Лесных // Современные энергосберегающие тепловые технологии (Сушка и термовлажностная обработка материалов)-СЭТТ – 2011: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. / МГАУ. – М., 2011. – С.76–78.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НА ДРЕВЕСНОЙ ОСНОВЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Студент гр. М257М А.В. Чабаненко

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Е.Г. Семенова*
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения

Рассмотрены проблемы сферы возобновляемых источников энергии (ВИЭ), их эффективность и возможность применения. Проанализированы различные виды ВИЭ на древесной основе. Выявлена и обоснована необходимость разработки и внедрения ВИЭ на древесной основе в лесную промышленность и использования современных информационных технологий для их продвижения.

Ключевые слова: экология, экологическое топливо, инновации, возобновляемые источники энергии, древесное сырье.

INNOVATIONS IN THE WOOD-BASED RENEWABLE ENERGY AS A FACTOR CONTRIBUTES TO THE DEVELOPMENT LESPROMKHOZ

Student gr. M257M A.V. Chabanenko

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *E.G. Semenova*
St. Petersburg State University aerospace Instrumentation

The article deals with problems of the sphere of renewable energy sources (renewable energy), their effectiveness and applicability. Analyzed different types of wood-based renewable energy. Identified and justified the need for the development and implementation of renewable energy in the wood-based forest industry and the use of modern information technology to promote them.

Keywords: Ecology, ecological fuel, innovation, renewable energy, raw wood.

В условиях возрастающего спроса на энергоресурсы, ухудшения экологии, сокращения запасов нефти, угля и газа особое значение приобретают вопросы энергосбережения. Постепенно ВИЭ (возобновляемые источники энергии) начинают оказывать влияние на мировую энергетику, появляются все более экологичные и энергоэффективные виды топлива.

Начиная с 2003 г., происходит постепенное снижение потребления углеводородных источников энергии в различных секторах энергетики, которое будет компенсироваться за счет ВИЭ, доля которых в общем энергобалансе достигнет к 2050 г. величины 40 % (рис. 1) [1].

Россия, имея значительные запасы лесных ресурсов, сильно отстает в производстве продукции глубокой переработки древесины от ведущих стран мира. В структуре экспорта лесобумажной продукции России лесоматериалы составляют более 32 %, что свидетельствует о несовершенной структуре производства и неразвитости отрасли химико-механической переработки древесины.

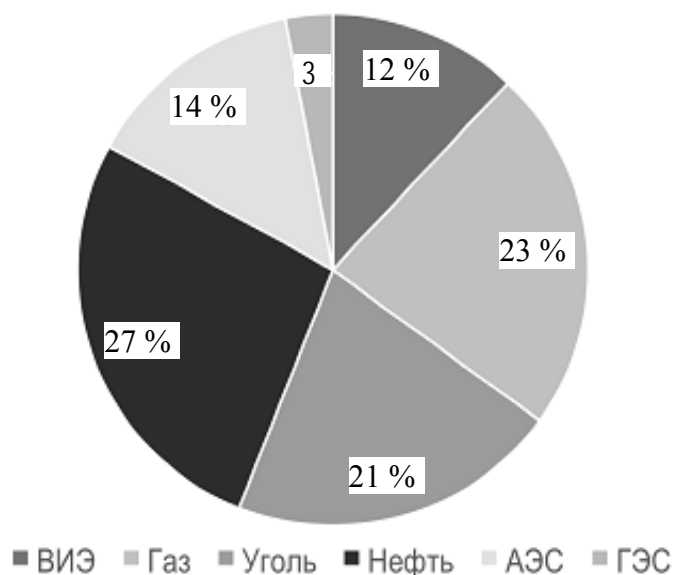


Рис. 1. Доли ВИЭ в мировом энергобалансе на 2012 г.

На российском рынке наиболее активно представлены пеллеты и древесные брикеты, но существует и более инновационный вид топлива на основе прессованной листвы по методу высокотемпературного прессования, которое позволяет избежать добавления химических реагентов для скрепления, что положительно сказывается на экологии.

Для успешного развития лесопромышленного комплекса России необходимо провести анализ различных ВИЭ на древесной основе, разрабатывать и продвигать отечественные наработки в этой сфере и разработать эффективные и удобные механизмы оценки эффективности биотоплива.



a



б



в

Рис. 2. Основные виды топлива на древесной основе

Древесное топливо (рис. 2, *a*) – отдельные элементы дерева, предназначенные для сжигания в печи, камине, топке или костре для получения тепла и света. Самый древний вид топлива, известный человеку. Энергетическая эффективность дров определяется породой дерева и влажностью древесины.

Пеллеты (рис. 2, в) – биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Представляет собой цилиндрические гранулы стандартного размера.

Топливные брикеты (рис. 2, б) схожи с пеллетами, отличие в форме подготовки отходов деревообработки, торфа, отходов сельского хозяйства для использования в качестве топлива, прессованные отходы деревообработки.

На фоне нехватки сырья для производства топлива на древесной основе предлагается производить из прессованной листвы топливо, которое обладает высокими внутренними характеристиками и решает ряд экологических проблем. Установлено, что при повышении температуры и давления большое содержание лигнина исключает использование химических компонентов [2].

Отношение складочной массы к плотной массе в 1 м³ листвы одинаковой влажности определяется коэффициентом заполнения К:

$$K = \frac{G}{Y},$$

где G – насыпная масса отходов, кг/м³; Y – объемная масса спрессованной листвы, кг/м³.

Производство экологического топлива из листвы по методу высокотемпературного прессования листвы (ВПЛ) является экономически выгодным.

Показатели эффективности различных видов топлива на древесной основе представлены в таблице.

Таблица 1

Показатели эффективности различных видов топлива на древесной основе

Лиственное топливо	Теплоотдача 20 МДж/кг или 4400 Ккал/кг.
Дрова из опилок	Теплоотдача 18 МДж/кг или 3900 Ккал/кг.
«Пини-Кей»	Теплоотдача 19 МДж/кг или 4000 Ккал/кг.
Пеллеты	Теплоотдача 18,5 МДж/кг или 4000 Ккал/кг.
Обычные дрова	Теплоотдача 10 Мдж/кг или 2200 Ккал/кг.

Для более эффективного и успешного продвижения на рынки энергетических ресурсов на основе древесного сырья надо разрабатывать программные продукты, которые будут осуществлять расчет наиболее рационального для потребителя вида топлива.

Для качества решения данной проблемы предлагается разработка программного продукта, способного наиболее рационально определять вид пригодного для производства биотоплива на древесной основе.

Программная часть этого комплекса представляет собой систему, позволяющую проводить автоматизированный подсчет необходимых значений энергетической эффективности, зольности и других параметров, а также позволяет подобрать значения параметров для определенного типа котельного оборудования.

Использование предлагаемого программного продукта приведет к поддержке принятия решения в процессе выбора вида топлива, которое позволит на основании входных требований наиболее точно и оперативно осуществлять выбор вида топлива по заданным критериям.

**РАСЧЕТНЫЙ МОДУЛЬ
ПО ТИПАМ ТОПЛИВА**

Технические возможности Тип деревообрабатывающих фабрик <input type="text"/> Тип древесного биоресурса ▼ <input type="text"/> Расположение ▼ <input type="text"/>	Предполагаемый покупатель Тип котельных установок <input type="text"/> Потребности покупателей Допустимая зольность <input type="text"/> Требуемый уровень экологических значений <input type="text"/> Энергоэффективность <input type="text"/> Влагостойкость <input type="text"/> Пожаробезопасность <input type="text"/> Экологичная зола <input type="text"/>	Цена Допустимая цена <input type="text"/> <input type="button" value="Вычислить рациональность использования топлива"/>
Желаемое преимущество Энергоэффективность ▼ <input type="text"/> Влагостойкость ▼ <input type="text"/> Экологичная зола ▼ <input type="text"/>		
Внешние факторы ▼ <input type="text"/>		

Рис. 3. Расчетный модуль по типам топлива

Предлагаемый программный продукт имеет вид расчетного модуля (рис. 3), обеспечивающий анализ производственных процессов, в частности, рациональность выпуска определенного типа биотоплива на древесной основе.

Первостепенной задачей расчетного модуля по типам топлива будет помощь потребителям в выборе топлива как по энергоэффективности, так и по экономическим показателям с учетом заданных характеристик.

Второстепенными задачами предлагаемого программного продукта являются определение направления производственной линейки и максимизация прибыли от своей продукции.

Для эффективной реализации данного модуля выполнена разработка методики расчета рациональности и эффективности производства 8 видов биотоплива на древесной основе.

Виды биотоплива на древесной основе

Обычное древесное топливо	Лиственное топливо
Пеллеты	Углеродное топливо
Пини-Кей	Щепа
Прессованные опилки	Другое

Предлагаемый продукт поможет выбрать наиболее рациональный и востребованный вид биотоплива для широкого круга потребителей с учетом таких параметров, как эстетичность, тип котельного оборудования и близость расположения требуемых ресурсов.

Но проблема внедрения и популяризация повсеместного использования экологического топлива на древесной основе остается и нуждается в дальнейшем исследовании.

Библиографический список

1. Суханов В.С. Перспективы использования древесных отходов и дровяной древесины для выработки тепловой и электрической энергии // ЛесПром инновации. – Май 2005. – № 3 (5). – СПб., 2005. – С. 9.
2. Чабаненко А.В. Экологические источники энергии на основе древесного сырья // Шестьдесят пятая международная студенческая научная конференция ГУАП: сб. докл.: в 2 ч. Ч. I: Технические науки / СПбГУАП. – СПб., 2012. – 503 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Аспирант Н.А. Кошелева

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

Представлена методика определения нейтрального слоя для многослойной конструкции нанокompозитного сверхпроводника. По мере удаления от нейтрального слоя при изгибе ленты многослойного сверхпроводника напряжения возрастают. Входящие в состав сверхпроводящего нанокompозита материалы имеют различные механические свойства при испытании на растяжение и сжатие. Многослойность нанокompозитного сверхпроводника требует использования при оценке опасности возможного разрушения индивидуальных критериев прочности, характерных для каждого из слоев нанокompозита.

Ключевые слова: высокотемпературные сверхпроводники; изгиб многослойной конструкции; упругопластическая деформация.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF PRODUCTION OF HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTORS

Graduate Student N.A. Kosheleva

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *G.L. Kolmogorov*
Perm National Research Polytechnic University

This paper presents a methodology for determining the neutral layer for multilayer structure of the nanocomposite superconductor. In process of bending in the tape of a multi-layer superconductor tension increase as the distance from the neutral layer. Included in the superconducting nanocomposite materials have different mechanical properties when they were tested in tension and compression. In case of an assessment the risk of possible damage multilayered nanocomposite superconductor requires the use of individual strength criteria specific to each of the layers of the nanocomposite.

Keywords: high-temperature superconductors; bend multilayer structure; elastic-plastic deformation.

На сегодняшний день очень высок темп развития технологических и прикладных исследований. Создание новых композитных наноматериалов требуют решения сразу нескольких задач одновременно, например, в компьютерных технологиях важно обеспечивать ничтожные потери мощности при использовании тонкопленочных элементов и большие объемные плотности при монтаже схем. На это способны сверхпроводящие элементы. Они делятся на два типа: низкотемпературные сверхпроводники (НТСП) и высокотемпературные сверхпроводники.

НТСП – это низкотемпературные сверхпроводящие материалы, имеющие критическую температуру (температуру перехода в сверхпроводящее состояние в нулевом магнитном поле (рис. 1) ниже 25 К и работающие при гелиевом уровне температур.

Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) – сверхпроводниковые материалы с температурой перехода (T_c) выше температуры жидкого азота (77 К), что намного экономичнее по сравнению с НТСП. Для технологии в первую очередь важен сам факт существования материалов, сверхпроводящих при температуре жидкого азота. Однако целенаправленное и осмысленное движение вперед, в том числе в технологической сфере, невозможно без всестороннего исследования уже известных ВТСП, без понимания всех тонкостей высокотемпературной сверхпроводимости как интереснейшего физического явления. Тем более это относится к поиску новых сверхпроводников. Так что, возможно, промышленность освоит выпуск изделий из высокотемпературных сверхпроводников раньше, чем будет достоверно выяснена природа сверхпроводимости в металлооксидных соединениях [1].

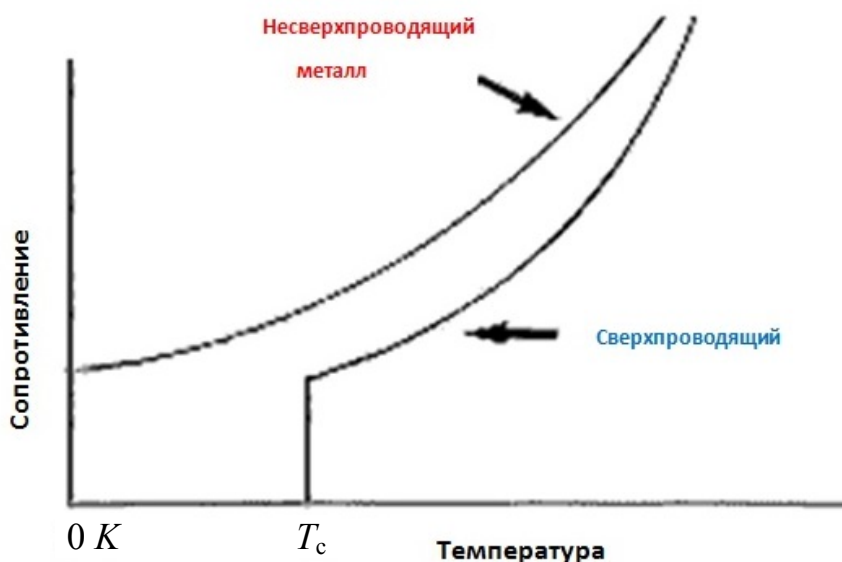


Рис. 1. Схема поведения материалов при критической температуре

Наиболее перспективными направлениями широкого использования высокотемпературных сверхпроводников считаются криоэнергетика и криоэлектроника. В криоэнергетике уже разработана методика приготовления достаточно длинных проводов (до 1000 м) и кабелей на основе висмутовых ВТСП-материалов. Этого уже хватает для изготовления небольших двигателей со сверхпроводящей обмоткой, сверхпроводящих трансформаторов, индуктивностей и т.п. На основе этих материалов уже созданы сверхпроводящие соленоиды, обеспечивающие при температуре жидкого азота (77 К) магнитные поля порядка 10 000 Гс [2].

Этот тип сверхпроводников – сверхпроводников первого рода характеризуется как «мягкие» сверхпроводники, которые требуют самых низких температур, чтобы стать сверхпроводящими. Они имеют очень

резкий переход в сверхпроводящее состояние (см. рис. 1) и «идеальный» диамагнетизм – способность отталкивать магнитное поле полностью [3].

Наиболее интересные возможные промышленные применения сверхпроводимости связаны с генерированием, передачей и использованием электроэнергии. Например, по сверхпроводящему кабелю диаметром несколько дюймов можно передавать столько же электроэнергии, как и по огромной сети ЛЭП, причем с очень малыми потерями или вообще без них. Стоимость изготовления изоляции и охлаждения криопроводников должна компенсироваться эффективностью передачи энергии. С появлением керамических сверхпроводников, охлаждаемых жидким азотом, передача электроэнергии с применением сверхпроводников становится экономически очень привлекательной [4].

Еще одно возможное применение сверхпроводников – в мощных генераторах тока и электродвигателях малых размеров. Обмотки из сверхпроводящих материалов могли бы создавать огромные магнитные поля в генераторах и электродвигателях, благодаря чему они были бы значительно более мощными, чем обычные машины. Опытные образцы давно уже созданы, а керамические сверхпроводники могли бы сделать такие машины достаточно экономичными. Рассматриваются также возможности применения сверхпроводящих магнитов для аккумулирования электроэнергии, в магнитной гидродинамике и для производства термоядерной энергии [5].

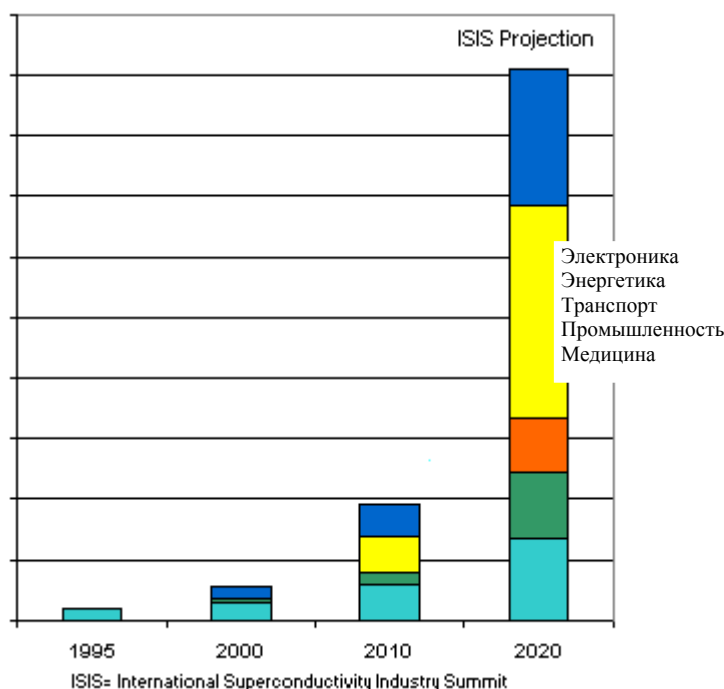


Рис. 2. Оценочные данные мирового рынка продуктов сверхпроводника США [3]

Согласно оценочным данным на июнь 2002 г. (рис. 2) мировой рынок продуктов сверхпроводников по прогнозам вырастет почти до 38 млрд долл. США к 2020 г. Низкотемпературные сверхпроводники, как ожидается, продолжают играть доминирующую роль в устоявшихся областях, таких как МРТ (магнитно-резонансная томография) и научные исследования, высокотемпературные сверхпроводники найдут себе применение в новых приложениях. На приведенном выше графике ISIS (международный форум организаций, ставящих своей целью развитие сверхпроводниковой индустрии) дано примерное распределение различных рынков, на которые, как ожидается, сверхпроводники внесут свой вклад [3].

На рис.3 представлена конструкция ленточного ВТСП. На данный момент существуют опытные установки, способные производить ВТСП длиной до 1 км.

Как следует из рис. 3, ленточный высокотемпературный сверхпроводник представляет собой многослойный анизотропный наноккомпозит, содержащий в своем составе тонкий слой сверхпроводящего материала. Данный сверхпроводник производится в виде ленты различной длины с последующим свертыванием полосы в трубку с заваркой стыкового шва и помещением внутрь стабилизирующего медного прутка.

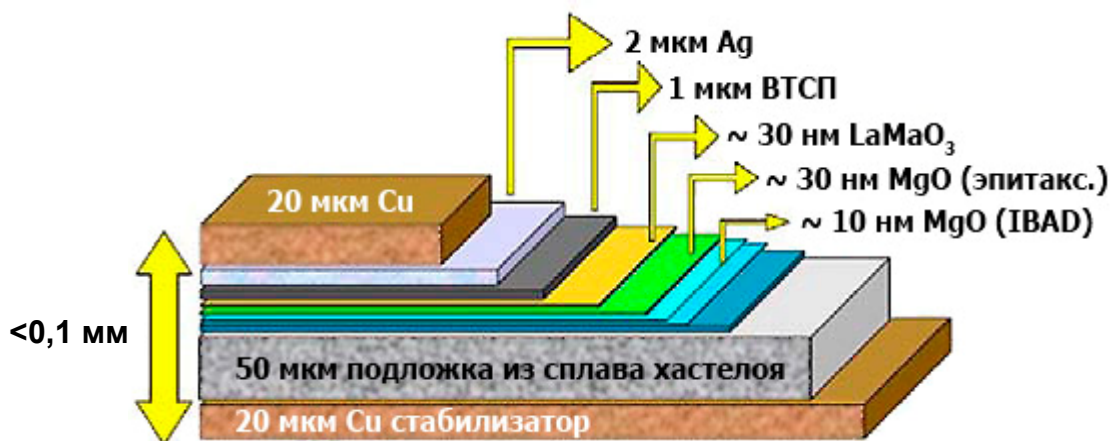


Рис. 3. Структурная схема композитного ленточного ВТСП-2 провода [6]

При свертывании полосы в трубку возможно разрушение отдельных слоев сверхпроводящего композита.

На первом этапе рассмотрим изгиба полосы. При свертке полосы происходит деформация изгиба. Поскольку деформация необратима, то это пластическая деформация, а правильнее – упругопластическая.

На рис. 4 представлен изгиб полоски толщиной h , радиус изгиба R . Радиус изгиба R относится к радиусу нейтральной поверхности, в которой нормальные напряжения при изгибе равны нулю. Согласно рис. 4 верхние волокна испытывают растяжение, нижние волокна при этом испытывают напряжение сжатия.

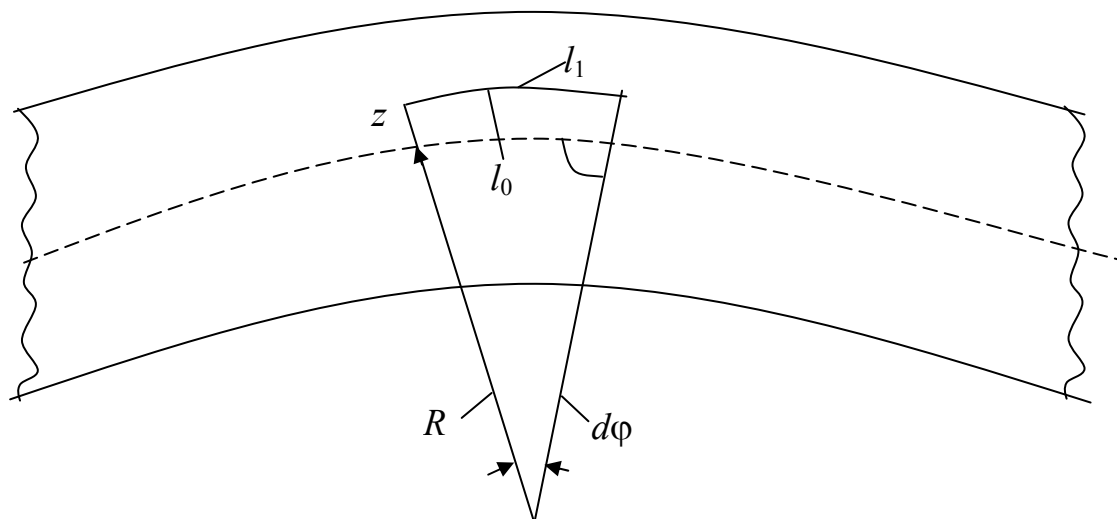


Рис. 4. Схема изгиба полоски сверхпроводника

Поскольку в нейтральной поверхности напряжения при изгибе равны нулю, деформация в нейтральной поверхности отсутствует, т.е. элемент нейтральной поверхности длиной l_0 сохранит свой размер. Следует отметить, что определенное положение нейтральной поверхности представляет собой достаточно сложную самостоятельную задачу, поскольку компоненты сверхпроводника различны по свойствам (модуль упругости, коэффициент Пуассона, механические свойства). В настоящее время свойства отдельных компонентов сверхпроводника изучены недостаточно.

В исходном состоянии до гибки произвольный элемент нейтральной поверхности имеет длину $l_0 = R d\phi$. Его длина в процессе гибки не изменится. Длина произвольного элемента на расстоянии z от нейтральной поверхности определяется как $l_1 = (R + z) d\phi$. Тогда относительная деформация

$$\varepsilon_\phi = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{(R + z)d\phi - R d\phi}{R d\phi} = \frac{z}{R}. \quad (1)$$

Из выражения видно, что относительная деформация зависит от R . Чем больше R , тем меньше деформация. Как следует из соотношения (1), деформация возрастает по мере удаления от нейтральной поверхности. При этом верхние волокна испытывают растяжение, а нижние волокна испытывают сжатие.

На начальном этапе гибки полоска сверхпроводника деформируется упруго, при этом в каждом слое нанокompозита напряжения будут определяться законом Гука:

$$\sigma_i = E_i \cdot \varepsilon_\varphi, \quad (2)$$

где E_i – модуль упругости i -го слоя сверхпроводника.

При последующем изгибе напряжение (2) достигает предела текучести материала соответствующего слоя, материал слоя переходит в пластическое состояние. Пластическое состояние может сопровождаться появлением трещин в отдельных слоях сверхпроводника.

Материал ВТСП относится к керамическим материалам, которые имеют различные свойства при испытании на растяжение и сжатие. Как правило, они работают лучше в условиях сжатия. Поэтому при изгибе сверхпроводниковой полоски необходимо стремиться к тому, чтобы сверхпроводящий слой находился в условиях сжатия.

На основе предварительного анализа можно рекомендовать:

1. Чем шире исходная полоска сверхпроводника, тем меньше вероятность образования трещин;
2. В технологии гибки сверхпроводника слой сверхпроводящего материала должен находиться в условиях сжатия;
3. Для оценки прочности отдельных слоев сверхпроводника следует использовать критерии прочности, относящиеся к различным материалам многослойного анизотропного нанокompозитного сверхпроводника.

Библиографический список

1. Кресин В.З. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. – М.: Наука, 1978.
2. Гинзбург В.Л. Сверхпроводимость. – М.: Наука, 1990.
3. Использование сверхпроводников (Eck J., «Uses for Superconductors») [Электронный ресурс]. – URL: <http://superconductors.org/Uses.htm> (дата обращения: 31.10.2013).
4. Мняян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. – М.: Наука, 1991.
5. Палицкий Э.А., Основы теории сверхпроводимости: учеб. для спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1985.
6. Русский сверхпроводник [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.russuperconductor.ru/produkcija/vtsp-2-materialy> (дата обращения: 31.10.2013).

ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ УСЛОВИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЗАГОТОВОК

Старший преподаватель **М.В. Снигирева**, аспирант **Ю.А. Бурдина**
Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Г.Л. Колмогоров*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Предложена методика определения оптимальных параметров процесса пластического деформирования при производстве полиметаллических композиционных заготовок. Методика позволяет обеспечить минимальные значения напряжения волочения и минимальные энергетические затраты при производстве полиметаллических изделий.

Ключевые слова: композиционный сверхпроводник; пластическая деформация; волочение; оптимальная геометрия, полиметаллическая заготовка.

THE ENERGY-POWER CONDITIONS PLASTIC STRAINING OF POLYMETALLIC COMPOSITE BILLET

Assistant Professor M.V.Snigireva,
Graduate Student Y.A. Burdina

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *G.L. Kolmogorov*
Perm National Research Polytechnic University

We propose a method of determining the optimum process parameters plastically deforming the manufacture of polymetallic composite preforms. The technique allows to provide the minimum voltage and minimum drawing by an energy production cost polymetallic products.

Keywords: composite superconductor; plastic deformation of the fibers chenie; optimal geometry, polymetallic blank.

При производстве полиметаллических многослойных композиционных заготовок широкое применение находит способ волочения, заключающийся в протягивании заготовки через сужающийся волочильный канал. Примером этого производства является получение би- и триметаллических низкотемпературных сверхпроводниковых заготовок для магнитной системы международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР), производство которых в настоящее время организовано в России [1]. Технология изготовления сверхпроводников заключается в многократном повторении процессов сборки, прессования, волочения и отжига композитного материала. Особенностью сверхпроводников для ИТЭР является их большая длина (до 30 км). Следует отметить, что при обрыве композиционной заготовки в процессе производства и последующей сварке сверхпроводящие свойства не сохраняются. Поэтому технология волочения, используемая при производстве сверхпроводниковых изделий, является наиболее опасной с точки зрения возможного нарушения сплошности сверхпроводниковых заготовок.

Сечение заготовки для сверхпроводящих магнитных систем представляет собой металломатричный композиционный материал и может быть представлено как двух- или трехслойная заготовка (би- или триметалл). Для триметаллических заготовок оболочка и сердечник являются токостабилизирующей медью, а промежуточный слой является композитом, состоящим из Nb-волокон в матрице из высокооловянистой бронзы. Биметаллическая заготовка включает токостабилизирующую медную оболочку и сердечник, являющийся композитом, состоящим из NbTi-волокон в медной матрице. Некоторые конструкции сверхпроводников приведены на рис. 1 [2].

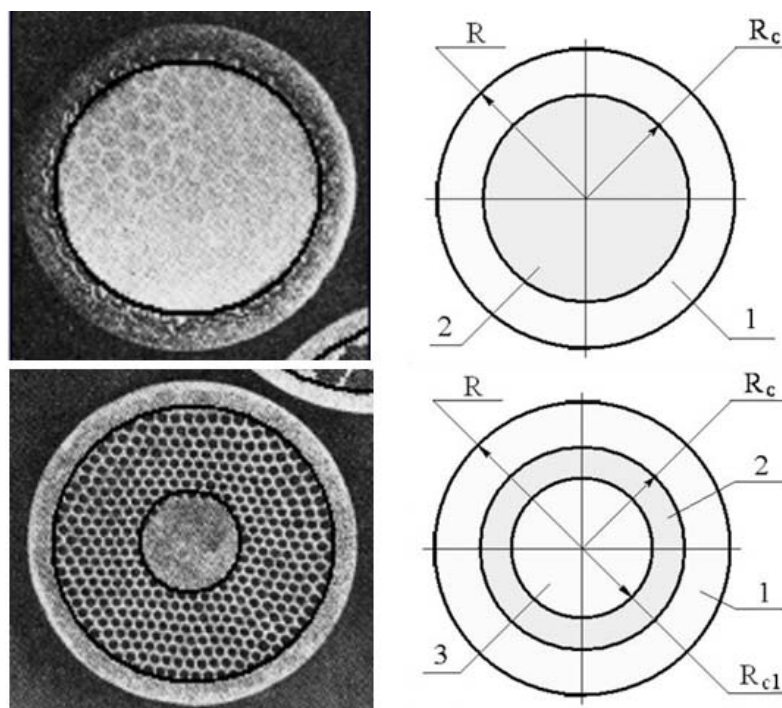


Рис. 1. Схематизация конструкций сверхпроводников в виде би- и триметалла: 1 – оболочка; 2 – сверхпроводящий слой; 3 – сердечник; R – радиус проводника; R_c – наружный радиус сверхпроводящего слоя; R_{c1} – радиус сердечника

Актуальной проблемой волочильного производства является обеспечение минимальных значений напряжения волочения, что позволяет обеспечить минимальный расход энергии при волочении, увеличить единичные обжатия (вытяжку) за счет снижения вероятности обрыва переднего конца заготовки и повысить стойкость технологического инструмента.

В работе [3] предложена формула для определения напряжения волочения сверхпроводящей заготовки, состоящей из n слоев:

$$\sigma_{\text{вол}} = \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{в}} \right) \left[\sum_{i=1}^n \sigma_{si} \bar{F}_i + f \operatorname{tg} \alpha_{\text{п}} (\sigma_{s1} - \sigma_q) \bar{F}_1 \right] + \sigma_q, \quad (1)$$

где λ – коэффициент вытяжки, $\lambda = \frac{d_0}{d_1}$; d_0 и d_1 – диаметр заготовки на входе в инструмент и выходе из него соответственно; α_B – угол наклона образующей инструмента к оси волочения; α_{II} – приведенный угол волокни, $\text{tg}\alpha_{II} = 0,65\text{tg}\alpha_B$ [4]; f – коэффициент трения в зоне деформации; σ_q – напряжение противонапряжения; σ_{si} – сопротивление деформации произвольного i -го слоя; σ_{s1} – сопротивление деформации материала наружного слоя; \bar{F}_i – относительная площадь i -го слоя, $\bar{F}_i = \frac{F_i}{F}$; \bar{F}_1 – относительная площадь оболочки заготовки, $\bar{F}_1 = \frac{F_1}{F}$. В отличие от известной формулы И.Л. Перлина [4] формула (1) учитывает деформацию сдвига на входе в волочильный инструмент и на выходе из него [5, 6].

Из теории и практики обработки металлов давлением известно, что при деформации в конических инструментах (волочение, прессование, гидроэкструзия) существуют оптимальные значения углов конусности инструмента и оптимальные значения обжатий, которые обеспечивают минимальные затраты энергии при пластическом деформировании. Формула (2) позволяет определить оптимальные углы конусности волочильного инструмента и оптимальные значения обжатий из условия минимума напряжения волочения, которое записывается в виде:

$$\frac{\partial \sigma_{\text{вол}}}{\partial \text{tg}\alpha_B} = 0. \quad (2)$$

Продифференцировав выражение (1) согласно условию (2), после преобразований получим:

$$\text{tg}\alpha_B^{\text{опт}} = 1,14 \sqrt{\frac{f \cdot \ln \lambda (\sigma_{s1} - \sigma_q) \bar{F}_1}{\sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \bar{F}_i}}, \quad (3)$$

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \text{arctg} 1,14 \sqrt{\frac{f \cdot \ln \lambda (\sigma_{s1} - \sigma_q) \bar{F}_1}{\sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \bar{F}_i}}. \quad (4)$$

Волочильный инструмент, как правило, стандартизирован и изготавливается с фиксированным значением α_B . Для фиксированных значений α_B из соотношений (3) и (4) определяются оптимальные значения вытяжки,

которые обеспечат для заданного угла α_B и конкретных условий волочения минимальный расход энергии на деформацию.

$$\ln \lambda^{\text{опт}} = \frac{0,77 \text{tg}^2 \alpha_B \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \overline{F}_i}{f(\sigma_{s1} - \sigma_q) \overline{F}_1}, \quad (5)$$

$$\lambda^{\text{опт}} = \exp \left(\frac{0,77 \text{tg}^2 \alpha_B \sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \overline{F}_i}{f(\sigma_{s1} - \sigma_q) \overline{F}_1} \right). \quad (6)$$

Учитывая, что для большинства случаев характерно отсутствие противонапряжения ($\sigma_q = 0$), тогда соотношения (5), (6) принимают вид

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \text{arctg} 1,14 \sqrt{\frac{f \cdot \ln \lambda \cdot \sigma_{s1} \overline{F}_1}{\sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \overline{F}_i}}, \quad (7)$$

$$\lambda^{\text{опт}} = \exp \left(\frac{0,77 \text{tg}^2 \alpha_B \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{si} \cdot \overline{F}_i}{f \cdot \sigma_{s1} \overline{F}_1} \right). \quad (8)$$

Оптимальный угол волочения и оптимальная вытяжка для биметаллической композиционной заготовки будут определяться соотношениями:

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \text{arctg} 1,14 \sqrt{\frac{f \sigma_{s1} \overline{F}_1 \ln \lambda}{\sigma_{s1} \overline{F}_1 + \sigma_{s2} \overline{F}_2}}, \quad (9)$$

$$\lambda^{\text{опт}} = \exp \left(0,77 \frac{\text{tg}^2 \alpha_B (\sigma_{s1} \overline{F}_1 + \sigma_{s2} \overline{F}_2)}{f \sigma_{s1} \overline{F}_1} \right). \quad (10)$$

Для триметаллической заготовки с учетом, что и сердечник, и оболочка заготовки состоят из меди ($\sigma_{s1} \cong \sigma_{s3}$), имеем:

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \text{arctg} 1,14 \sqrt{\frac{f \sigma_{s1} \overline{F}_1 \ln \lambda}{\sigma_{s1} (\overline{F}_1 + \overline{F}_3) + \sigma_{s2} \overline{F}_2}}, \quad (11)$$

$$\lambda^{\text{опт}} = \exp \left(0,77 \frac{\text{tg}^2 \alpha_B (\sigma_{s1} (\overline{F}_1 + \overline{F}_3) + \sigma_{s2} \overline{F}_2)}{f \sigma_{s1} \overline{F}_1} \right). \quad (12)$$

Соотношения (9)–(12) позволяют выполнить два вида технологических расчетов:

1. При заданном значении вытяжки по соотношениям (9), (11) определяются оптимальные значения $\alpha_{\text{в}}$.

2. При фиксированных значениях $\alpha_{\text{в}}$ по соотношениям (10), (12) определяется оптимальная вытяжка, обеспечивающая минимальное значение напряжения волочения.

При расчете оптимальных параметров волочильного процесса приняты следующие значения сопротивления деформации: для ниобия $\sigma_s = 250$ МПа; для сплава Nb–Ti $\sigma_s = 680$ МПа; для меди $\sigma_s = 310$ МПа; для бронзы $\sigma_s = 340$ МПа [7, 8]. Для биметалла $\bar{F}_1 = 0,6$; $\bar{F}_2 = 0,4$; коэффициент заполнения ниобием бронзовой матрицы составляет 56 %; для триметалла $\bar{F}_1 = 0,55$; $\bar{F}_2 = 0,4$; $\bar{F}_3 = 0,05$; коэффициент заполнения ниобий-титановыми волокнами медной матрицы – 73 % [2]; механические характеристики сверхпроводящих слоев определены по правилу смеси. Коэффициенты трения для пары трения «медь – волочильный инструмент» лежат в диапазоне 0 (жидкостное трение) – 0,1 (граничный режим трения) [4].

На рис. 2 приведены результаты расчета оптимальных углов волочильного инструмента при производстве би- и триметаллических изделий от коэффициента трения f для различных значений разовых вытяжек λ . Из рис. 2 следует, что с увеличением коэффициента трения f значения оптимальных углов конусности рабочей волоки увеличиваются. Увеличение вытяжки λ также приводит к увеличению оптимальных углов $\alpha_{\text{в}}$.

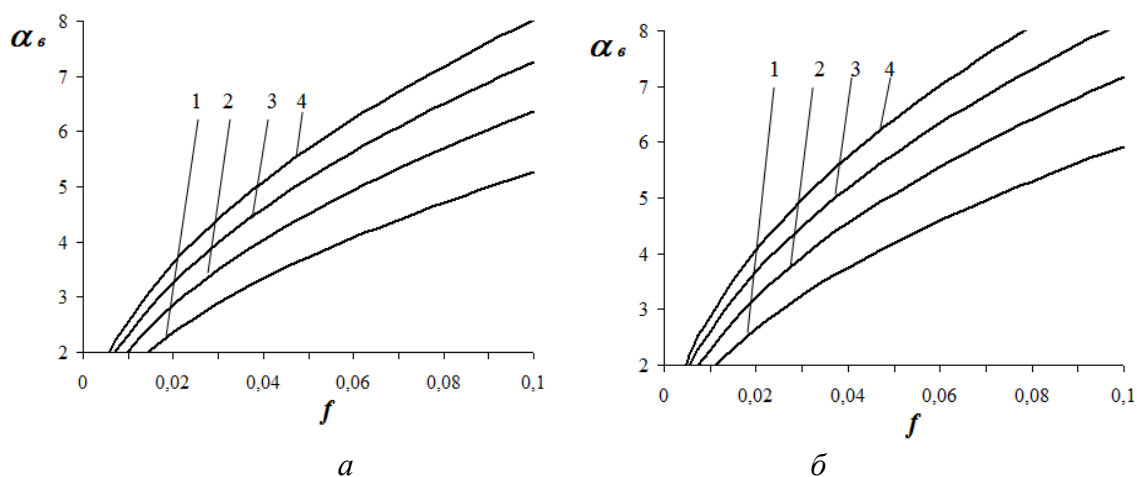


Рис. 2. Оптимальные углы при волочении:
а – биметаллическая заготовка, *б* – триметаллическая заготовка;
 1 – $\lambda=1,1$; 2 – $\lambda=1,15$; 3 – $\lambda=1,2$; 4 – $\lambda=1,25$

На рис. 3 приведены результаты расчета оптимальных обжатий при производстве би- и триметаллических изделий от коэффициента трения f для различных значений угла конусности рабочей волоки α_B . Из рис. 3 следует, что с увеличением коэффициента трения f значения оптимальных обжатий уменьшаются. Увеличение угла конусности рабочей волоки α_B приводит к увеличению оптимальных обжатий λ .

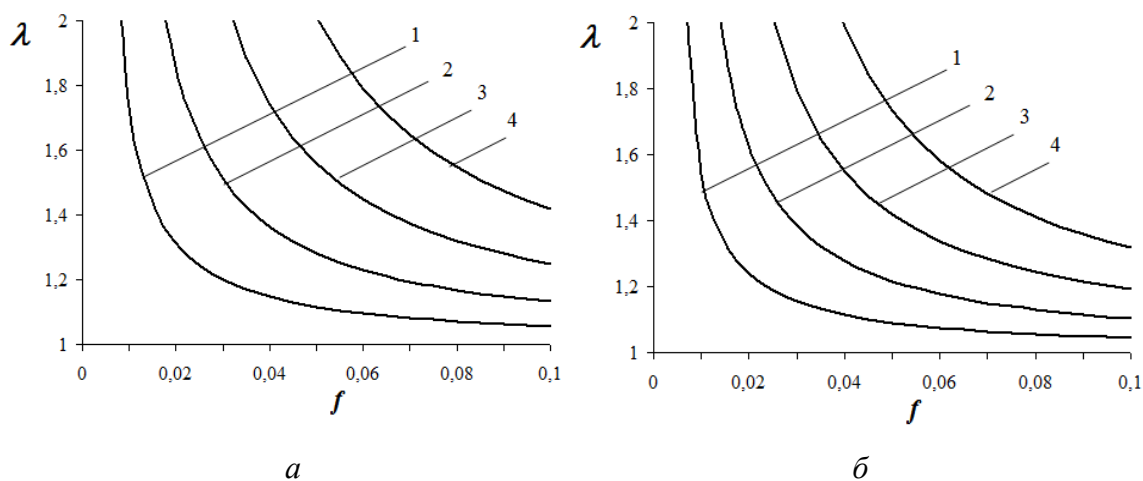


Рис. 3. Оптимальные обжатия при волочении:
а – биметаллическая заготовка, *б* – триметаллическая заготовка;
 1 – $\alpha_B = 4^\circ$; 2 – $\alpha_B = 6^\circ$; 3 – $\alpha_B = 8^\circ$; 4 – $\alpha_B = 10^\circ$

Таким образом, предложенная методика позволяет определить оптимальные параметры технологии волочения при производстве композиционных низкотемпературных сверхпроводниковых материалов, обеспечивающие минимальные энергосиловые затраты.

Библиографический список

1. Сверхпроводимость: опыт создания высокотехнологичного производства в ОАО «Чепецкий механический завод» // Нанотехнологии, экология производства. – 2009. – № 1. – С. 80–83.
2. Разработка сверхпроводников для магнитной системы ИТЭР в России / А.К. Шиков, А.Д. Никулин, А.Г. Силаев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2003. – № 1. – С. 36–43.
3. Колмогоров Г.Л., Сухорукова М.Г., Чернова Т.В. Энергосиловые условия при деформации композиционных сверхпроводниковых изделий // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18. – № 2. – С. 267–272.
4. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.

5. Колмогоров Г.Л., Кузнецова Е.В. О степени деформации при осесимметричном деформировании // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2000. – № 11. – С. 31.

6. Степень деформации при волочении композитной заготовки / Г.Л. Колмогоров, В.Б. Филиппов, Е.В. Кузнецова, В.Н. Трофимов // Известия высших учебных. Цветная металлургия. – 2004. – № 5. – С. 39–42.

7. Афонин В.К. Металлы и сплавы: справочник. – М.: Металлургия. – 2003. – 532 с.

8. Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. – М.: Металлургия, 1973. – 224 с.

РАЗРАБОТКА ЦИКЛОННО-ВИХРЕВОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГТУ

Студент гр. ТФМ-13 С.Н. Баринов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *С.В. Веретенников*
Рыбинский государственный авиационный технический университет
им. П.А. Соловьева

Турбина работает в наиболее тяжелых условиях по сравнению с другими узлами газотурбинного двигателя. Системы охлаждения со встроенными вихревыми энергоразделителями имели бы ряд преимуществ по сравнению с классическими системами, в первую очередь по показателям эффективности. Однако их применение в воздушных системах охлаждения, позволяющих использовать ограниченный диапазон перепадов давления, затруднительно вследствие того, что для оптимальной работы вихревого энергоразделителя требуется вполне определенное значение перепада давлений. В комбинированных установках могут срабатывать большие перепады давления по сравнению с воздушным охлаждением, величина которых будет определяться только степенью отбора пара из турбины и точкой возврата в магистраль питательной воды. Эта особенность открывает новое направление использования вихревых энергоразделителей в системах закрытого парового охлаждения лопаток турбин.

Ключевые слова: вихревой энергоразделитель, турбина, комбинированная система охлаждения.

DEVELOPMENT OF CYCLONE-VORTEX COOLING BLADES FOR GAS TURBINE

Student of group TFM-13 S.N. Barinov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *S.V. Veretennikov*

Rybinsk State Aviation Technical University P.A. Solovyov

The turbine operates in the most severe conditions compared with other nodes turbomachine. Cooling systems with integrated vortex tubes would have several advantages compared with conventional systems, especially in terms of efficiency. However, their use in the cooling air systems, allowing the use of a limited range of pressure differences, it is difficult due to the fact that for optimal operation of the vortex tube requires a definite value of the differential pressure. In the combined equipment may operate large pressure drop compared to air cooling, the amount of which is determined only by the stage of extraction of steam from the turbine and the return point in the feed water line. This feature opens a new direction using vortex pipes in a closed steam cooling of turbine blades.

Keywords: vortex separator energy, turbine, combined cooling system.

Турбина работает в наиболее тяжелых условиях по сравнению с другими узлами газотурбинного двигателя. Это предъявляет ряд требований к конструкции турбины (в том числе надежное охлаждение элементов турбины) и применяемым в ней материалам. Вследствие высокой температуры газов, поступающих в турбину из камеры сгорания, лопатки являются основным элементом ГТУ и ГТД, ограничивающим повышение T_r^* . Для получения высокой эффективности охлаждения используют следующие способы [1–2]:

1. Устройство в пере лопатки многочисленных воздушных каналов с малым поперечным сечением с целью создания развитой поверхности теплообмена при высокой скорости и приемлемом расходе охлаждающего воздуха.

2. Равномерное распределение каналов по сечению пера с возможно большим приближением к передней и задней кромкам, где лопатка наиболее сильно нагревается газом.

3. Интенсификация теплоотдачи от пера в охлаждающий воздух путем завихрения воздушного потока многократным его поворотом или ударным воздействием на стенку пера, а также специальными турбулизаторами.

4. Создание у внешней поверхности пера пленки охлаждающего воздуха, защищающей перо от непосредственного контакта с горячими газами (пленочное или заградительное охлаждение).

5. Использование охлаждающих сред с более высокой, чем у воздуха, теплоемкостью.

Указанные способы охлаждения имеют ряд недостатков. Пленочному охлаждению свойственны большие газодинамические потери; существенными недостатками традиционной конвективной системы охлаждения являются низкая степень изотермичности по профилю пера, наличие зависимости теплогидравлических характеристик охлаждающих каналов от фактических размеров ребер; дефлекторные лопатки отличаются большой сложностью в изготовлении. Использование пористого охлаждения затрудняется отсутствием достаточно прочных жаростойких оболочек, их неоднородной проницаемостью для охлаждающего воздуха, быстрым засорением из-за малого размера и сложной формы пор.

Использование водяного пара для охлаждения турбины связано с необходимостью конденсации водяных паров из продуктов сгорания и возвратом воды в цикл. Решением данной проблемы может быть использование закрытой системы охлаждения. При этом в комбинированных установках водяной пар может отбираться из отборов паровой турбины и возвращаться в один из подогревателей питательной воды. В зависимости от давления используемого пара в такой системе охлаждения могут срабатываться большие перепады давления по сравнению с воздушным охлаждением, величина которых будет определяться только степенью отбора пара из турбины и точкой возврата в магистраль питательной воды. Перечисленное выше открывает новое направление использования вихревых энергоразделителей в системах закрытого парового охлаждения лопаток турбин.

Целью данной работы является модернизация системы охлаждения лопатки статора [3] (рис. 1, 2). В исходной конструкции лопатки пар через завихрители подается в две камеры энергоразделения, ориентированные вдоль высоты пера лопатки. В камере энергоразделения интенсивно закрученный периферийный поток, перемещаясь от завихрителя к дросселию, с одной стороны, нагревается, охлаждая вогнутую и выпуклую поверхности пера, а с другой стороны, дополнительно нагревается в процессе энергоразделения, отбирая энергию у приосевых масс пара, перемещающихся в противоположном направлении. Истекая из отверстия диафрагмы, пар пониженной температуры подается на охлаждение наиболее горячих частей (выходных кромок) и выбрасывается в газовый тракт через щель выходной кромки. Нагретый поток из камеры энергоразделения выбрасывается через перфорацию на спинке в корневом и периферийном сечениях (по 3 отверстия диаметром 1,0 мм). На охлаждение входной кромки пар подается по наружному радиусу и сбрасывается в газовый тракт через отверстия перфорации входной кромки (2 ряда по 21 отверстию диаметром 0,7 мм со стороны спинки и столько же со стороны корыта).

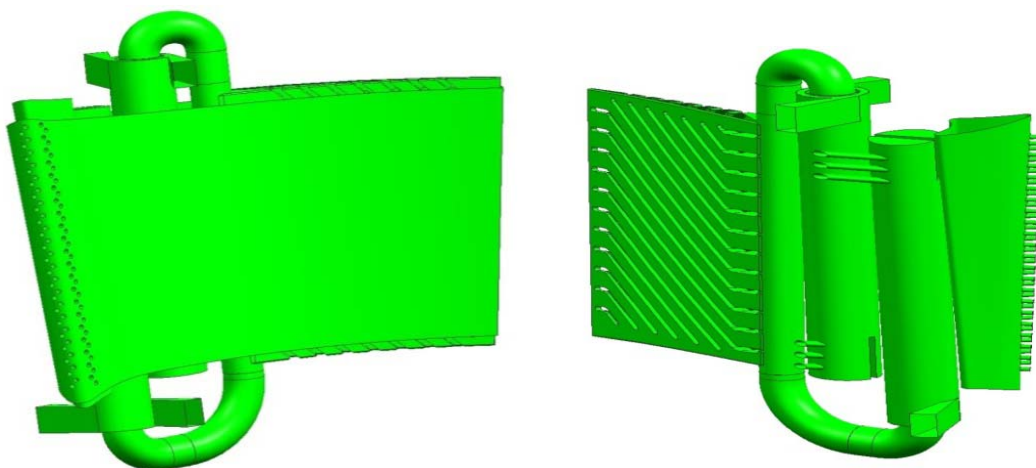


Рис. 1. Внутренние каналы лопатки с циклонно-вихревым охлаждением [3]



Рис. 2. Модель циклонно-вихревой системы охлаждения [3]

Автором [3] проведен численный расчет газодинамики и теплообмена в лопатке с циклонно-вихревой системой охлаждения (решалась сопряженная задача). Граничные условия представлены ниже.

Граничные условия

Среднее давление на входе в межлопаточный канал P_{1cp}^* , Па	1 728 300
Средняя температура на входе в межлопаточный канал T_{1cp}^* , К	1773
Давление на входе в полость подвода охлаждающего пара, P_2^* , Па	1 880 000
Температура на входе в полость подвода охлаждающего пара, T_2^* , К	673
Осредненное статическое давление на выходе из межлопаточного канала, P_{out} , Па	1 324 800

Результаты численного моделирования сопряженной задачи газодинамики и теплообмена показали (рис. 3, 4), что в исследуемой лопатке при относительном расходе охладителя 6,4 % обеспечивается средняя эффективность охлаждения 0,729, при этом перепад давления на системе охлаждения равен 1,08. Сравнительно низкий перепад давления не позволяет в полной мере реализовать преимущества встроенных вихревых труб, чем и объясняется низкая эффективность.

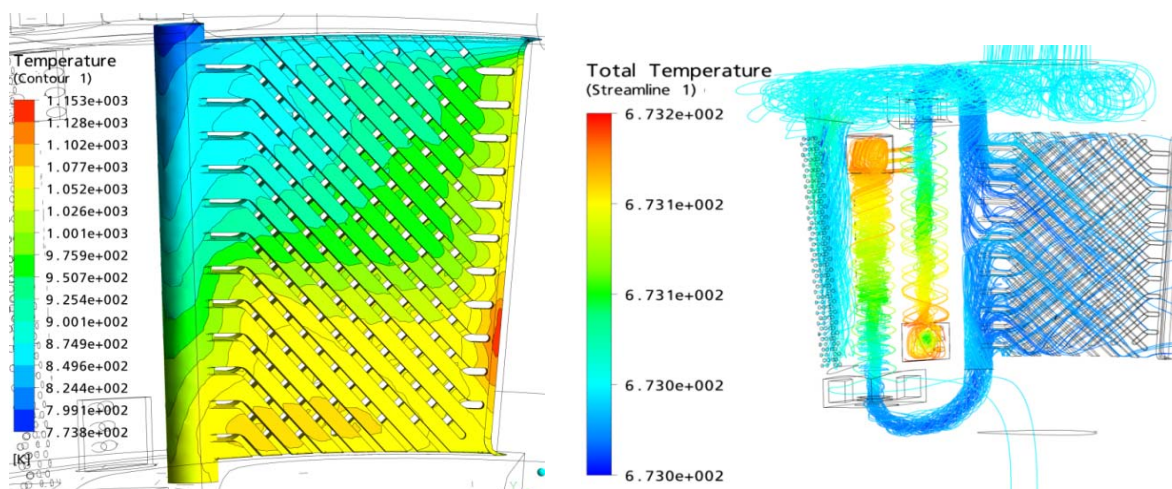


Рис. 3. Распределение температуры в каналах вихревой матрицы [3]

Для повышения эффективности рассматриваемой схемы авторы [3] предлагают повысить полное давление охлаждающего лопатку водяного пара. Кроме того, подвод охладителя в канал входной кромки только через верхний торец приводит к существенной неравномерности поля температур в области входной кромки по высоте. Также наблюдается значительный нагрев корневого сечения лопатки (рис. 5, 6). Реализация в конструкции лопатки открытой системы также является существенным недостатком: водяной пар сбрасывается непосредственно в газовый тракт.

Однако следует отметить сравнительно высокие значения коэффициентов теплоотдачи во внутренних каналах лопатки (средний коэффициент теплоотдачи по поверхности вихревой трубы составляет $4250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$).

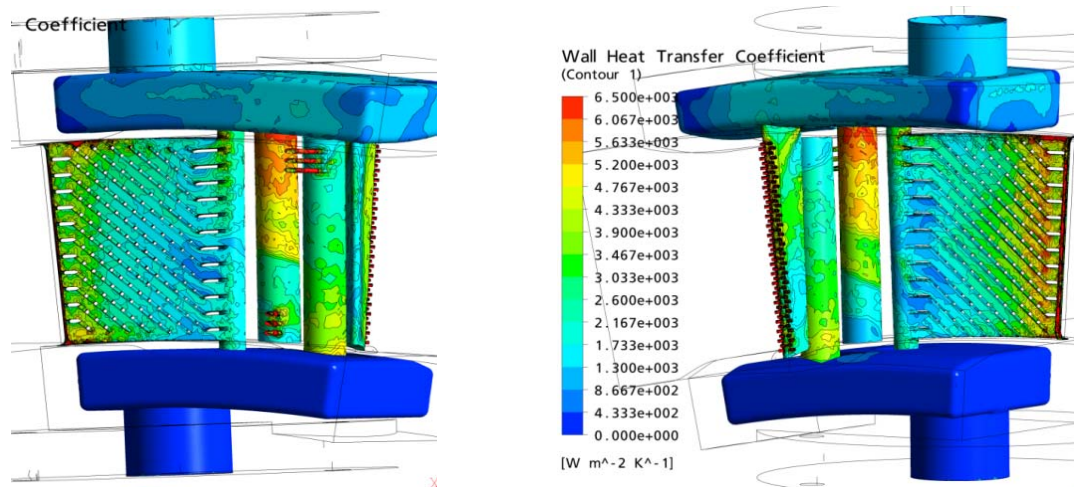


Рис. 4. Распределение коэффициента теплоотдачи в каналах системы охлаждения [3]

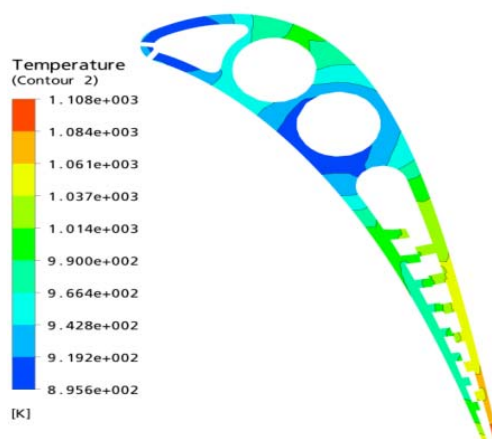


Рис. 5. Распределение температуры в поперечном сечении лопатки [3]

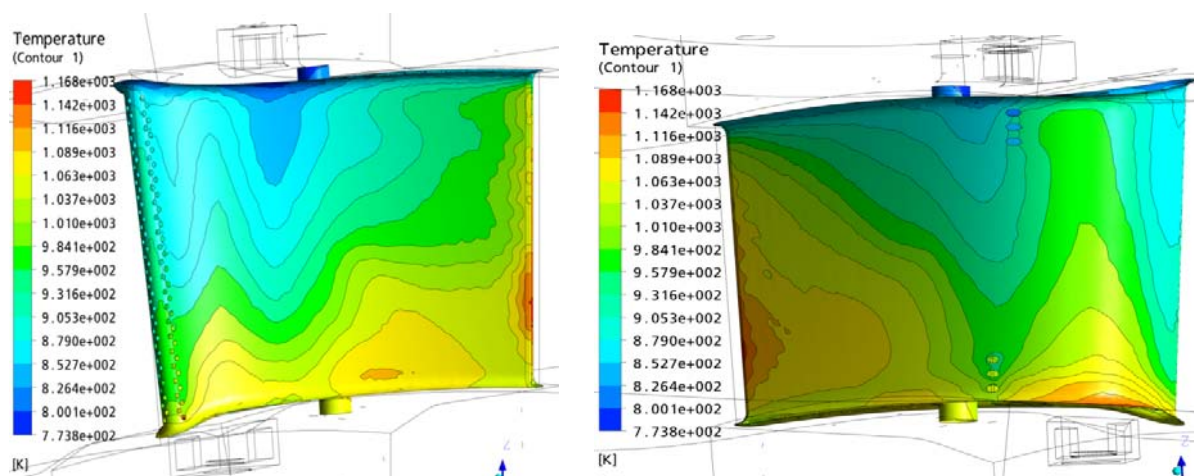


Рис. 6. Распределение температуры на наружной поверхности лопатки [3]

Для устранения недостатков конструкции лопадки с циклонно-вихревой системой охлаждения предлагается выполнить ряд изменений в ее конструкции (рис. 7) для реализации закрытой системы охлаждения. Водяной пар подводится через завихритель ВХОД 1 (см. рис. 7).

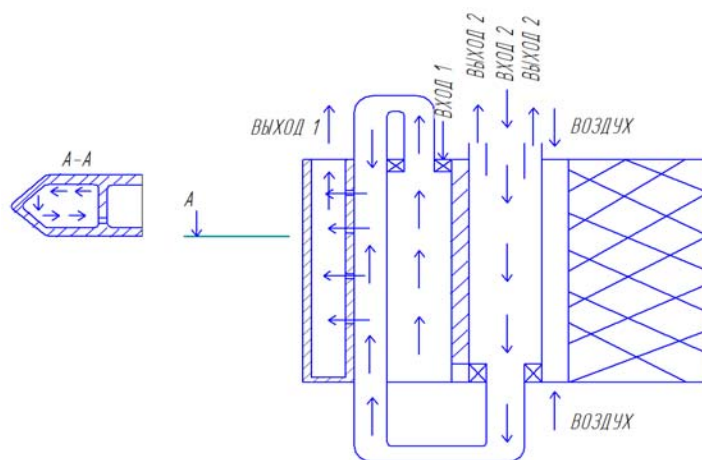


Рис. 7. Схема модифицированной лопадки с встроенными вихревыми энергоделителями

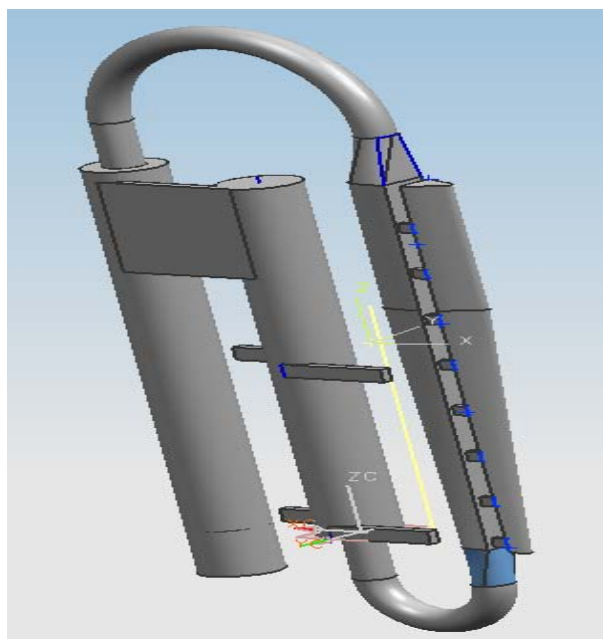


Рис. 8. Геометрическая модель внутренних каналов модифицированной системы охлаждения

Водяной пар пониженной температуры от двух вихревых труб (ВХОД 1 и ВХОД 2) направляется на охлаждение наиболее теплонапряженного участка – передней кромки лопадки. Канал, примыкающий к передней кромке лопадки (см. рис. 7), разделяется на два (сечения А-А, см. рис. 7); охлаждающий водяной пар подается через систему отверстий (8 штук), распределенных равномерно вдоль высоты лопадки. Таким образом, реализуется

циклонное охлаждение передней кромки лопатки. Нагретый водяной пар проходит от ВХОДА 1 вдоль высоты лопатки, перетекает во второй вихревой энергоразделитель с дополнительным потоком и движется к ВЫХОДУ 2 снизу вверх, охлаждая менее теплонапряженную приосевую область лопатки. Задняя кромка охлаждается воздухом (рис. 8).

В настоящее время в научной литературе имеется достаточное количество публикаций о теплообмене в циклонных каналах, данных о теплообмене в неадиабатных вихревых трубах весьма ограниченное количество. Поэтому в первую очередь предполагается проведение численных и экспериментальных исследований по теплообмену в вихревых энергоразделителях (рабочая среда – водяной пар), а именно получение критериальных уравнений, устанавливающих зависимость коэффициента теплоотдачи от управляющих параметров.

Библиографический список

1. Копелев С.З., Слитенко А.Ф. Конструкция и расчет систем охлаждения ГТД. – Харьков: Основа, 1994. – 240 с.
2. Копелев, С.З. Охлаждаемые лопатки газовых турбин. – М.: Наука, 1983. – 148 с.
3. Хасанов С.М. Повышение эффективности циклонно-вихревого охлаждения лопаток высокотемпературных турбин: дис. канд. техн. наук: 01.04.14. – Рыбинск, 2010. – 151 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВУХКОНТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Студентка гр. ТФМ-13 О.А. Соколова

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Ш.А. Пиралишвили*
Рыбинский государственный авиационный технический университет
им. П.А. Соловьева

Приведены результаты численного расчета термогазодинамических характеристик вихревой трубы с дополнительным потоком диффузорной конструкции различной длины камеры энергоразделения. Впервые численными методами отображены макро- и микроструктура течения в трубах с дополнительным потоком. Выявлено наличие вихрей, вращающихся в сторону, противоположную исходному потоку. Представлены графики распределения термодинамических характеристик вихревой трубы с дополнительным потоком и описан механизм энергоразделения. Верификация полученных результатов достаточно полно коррелирует с известными из публикаций данными наиболее достоверных опытов. Полученные результаты численного расчета и компьютерной визуализации могут быть в дальнейшем использованы для уточнения физической модели и методики расчета характеристик вихревых труб.

Ключевые слова: вихревой эффект; вихревая труба с дополнительным потоком; охлаждение; подогрев; радиус разделения вихрей.

THE STUDY FEATURES DUAL CIRCUIT WORKING PROCESS VORTEX TUBE WITH USE OF NUMERICAL METHODS

Student of group TFM-13 O.A. Sokolova

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *Sh.A. Piralishvili*
Rybinsk State Aviation Technical University P.A. Solovyov

Presented the results of numerical calculation of termogaz dynamics of characteristics of the vortex tube of 30 mm with an additional flow of the diffuser design. First numerically displayed macro- and microstructure of the flow in the tubes with an additional stream. Revealed the presence of vortices rotating in the direction opposite to the original thread. Are graphs of the distribution of the thermodynamic characteristics of the vortex tube with an additional flow and describe the mechanism of energy separation. Verification of the results adequately correlated with the known data of the publications of the most reliable experiments. The results of numerical calculation and computer visualization can be further used to improve the physical model and the methodology for calculating the characteristics of the vortex tube.

Keywords: Vortex effect; Vortex Tube with an additional Flow; Cooling; Heating; Radius of the Vortex Separation.

Известно, что закрутка потока благодаря комплексу уникальных свойств и особенностей течения может быть использована как средство интенсификации различных физических процессов. Наиболее полно эти процессы реализуются в конструкциях, позволяющих осуществлять эффект энергетического разделения, или вихревой эффект. Такие конструкции носят название вихревых труб, а сам вихревой эффект заключается в разделении интенсивно закрученного потока вязкого сжимаемого газа,

который движется по осесимметричному каналу, на две составляющие: охлажденную и подогретую фракции. По организации течения в камерах энергоразделения вихревые трубы можно разделить на несколько групп (рис. 1).

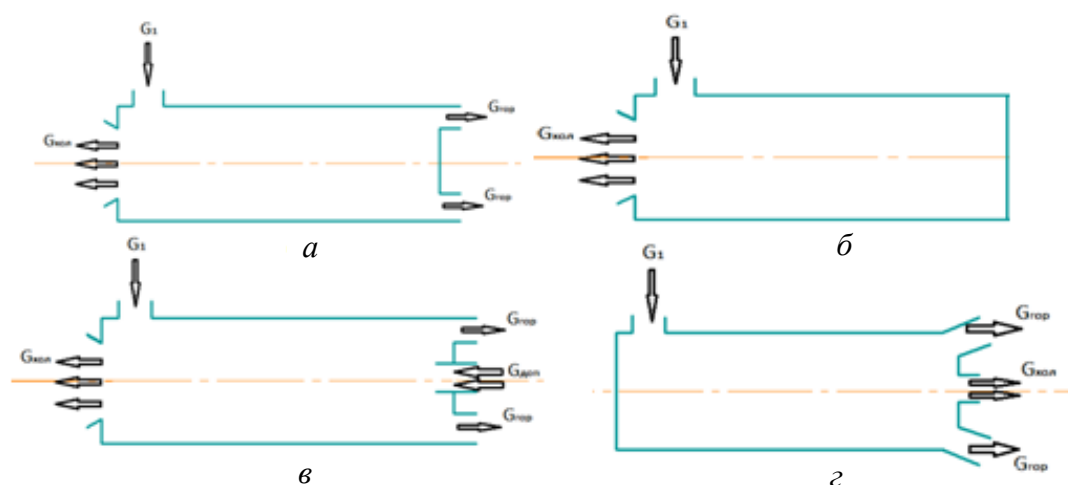


Рис. 1. Конструкции вихревых энергоразделителей: *а* – противоточная; *б* – односторонняя; *в* – двухконтурная; *г* – проточная

Особый интерес представляет вихревая труба с дополнительным потоком, или двухконтурная вихревая труба. Для улучшения термодинамических характеристик вихревых энергоразделителей было предложено вдувать дополнительные массы газа в его приосевую зону. Принцип работы такого двухконтурного энергоразделителя практически такой же, как и обычной противоточной вихревой трубы. Отличие состоит в том, что со стороны выхода подогретых масс газа или жидкости находится трубка ввода дополнительного потока. Данный поток движется от дросселя в сторону диафрагмы.

Вихревая труба с дополнительным потоком одна из наиболее эффективных по величине адиабатного КПД $\varphi_{ад}$, рассчитываемого по формуле:

$$\varphi_{ад} = \frac{\mu \cdot \Delta T}{T_1^* \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{\pi_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]}, \quad (1)$$

где μ – доля охлажденного потока, $\mu = \frac{G_x}{G_1}$; π_1 – степень расширения

в вихревой трубе, $\pi_1 = \frac{P_1^*}{P_{ат}^*}$; k – показатель адиабаты.

Двухконтурная вихревая труба детально исследована аналитически и экспериментально в работе [2]. Характеристики вихревой трубы с дополнительным потоком заметно отличаются от аналогичных для классических противоточных труб с цилиндрической и конической камерами энергоразделения.

Возможности компьютерных технологий уже прошли достаточную апробацию при изучении вихревых труб. Это подтверждается известными существующими публикациями по численному моделированию. Что касается вихревой трубы с дополнительным потоком, то таких публикаций нет. Очевидно, это связано с отсутствием у исследователей, владеющих методами численных расчетов, анализа полученных результатов с проведением верификации по достоверным опытным данным. Задачами настоящего численного исследования являются: изучение макро- и микроструктуры течения в вихревой трубе с дополнительным потоком и их влияние на механизм температурного разделения в вихревой камере, сравнение результатов численного моделирования с данными экспериментальных исследований.

С целью последующей верификации результатов численного расчета с данными наиболее достоверных опытов [2] в качестве объекта исследования была выбрана двухконтурная вихревая труба с минимальным диаметром камеры энергетического разделения 30 мм, углом конусности камеры энергоразделения $\gamma = 3,5^\circ$. Относительная площадь соплового ввода составляет 0,05, относительный радиус отверстия диафрагмы 0,7 и относительный диаметр трубки ввода дополнительного потока 0,7. Длина камеры энергетического разделения в численных расчетах составляла 3, 6 и 9 калибров. Выбранные величины характерных размеров равны их аналогам в доступных опубликованных экспериментальных работах [1, 2].

С использованием программного пакета *UniGraphics* построены трехмерные модели вихревого энергоразделителя, на базе которых осуществлялась генерация сетки с помощью программного пакета *ANSYS ICEM CFD*. Генерация сетки была осуществлена в декартовых координатах. Сеточная модель структурированная, гексагональная. Общее число ячеек в сетке порядка 1,5 млн (рис. 2).

Численное моделирование и расчет характеристик течения, а также полей термогазодинамических параметров в объеме камеры энергоразделения вихревых труб были выполнены в программном пакете *ANSYS CFX*. При этом математическая модель предполагала, что течение описывается системой трехмерных уравнений Навье – Стокса, уравнениями энергии

и состояния. Турбулентная вязкость определялась $k-\varepsilon$ – моделью. Ее выбор обусловлен соответствием условиям универсальности, эффективности по затратам счетного времени и широко известным приложениям.

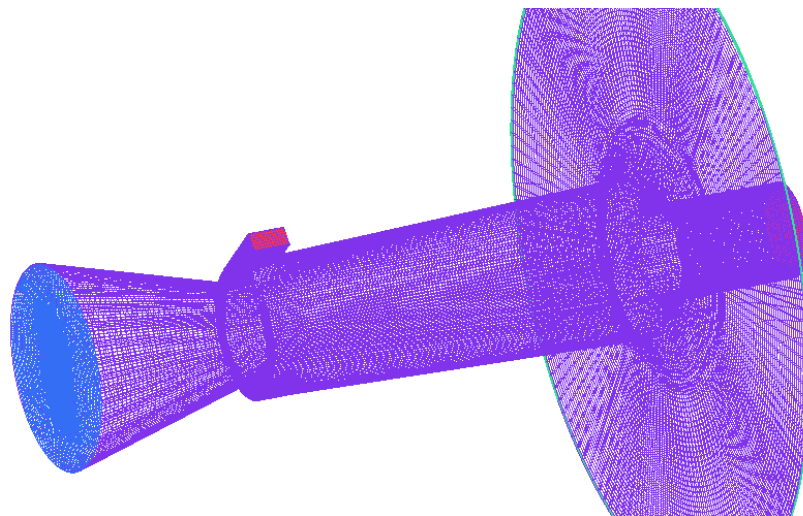


Рис. 2. Сеточная модель вихревого энергоразделителя (длина камеры энергоразделения 3 калибра)

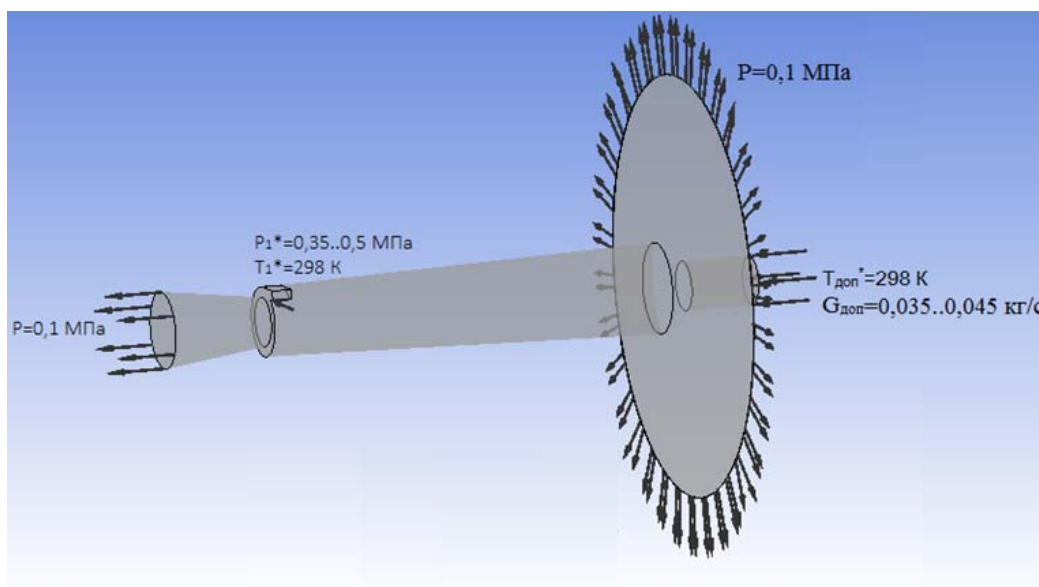


Рис. 3. Задание граничных и начальных условий

Расчеты произведены на воздухе. Постановка задачи завершается заданием краевых и начальных условий: на входе в вихревой энергоразделитель известными считались: полное давление $0,35 \dots 0,5$ МПа и полная температура 298 К, на входе дополнительных масс газа задавались полная температура 298 К и расход газа. В процессе выхода на стационарный режим для обеспечения режима работы $G_{\text{доп}}/G_1 = 1,2$, который обеспечивает максимальный КПД, регулировался расход дополнительных масс газа. На выходах задавалось статическое давление, равное атмосферному

(0,1 МПа). На стенках – условие прилипания и адиабатности. Шаг по времени составил $10^{-4} - 10^{-7}$ с. Сходимость задачи по массе для всех вариантов расчета была порядка 10^{-4} %. Сходимость по энергии составила 10^{-3} %. Нестационарная задача решалась методом установления стационарных турбулентных течений. В результате визуализации картины течения в камере энергоразделения двухконтурной вихревой трубы наблюдаются два закрученных потока, перемещающихся навстречу друг другу (рис. 3, 4).

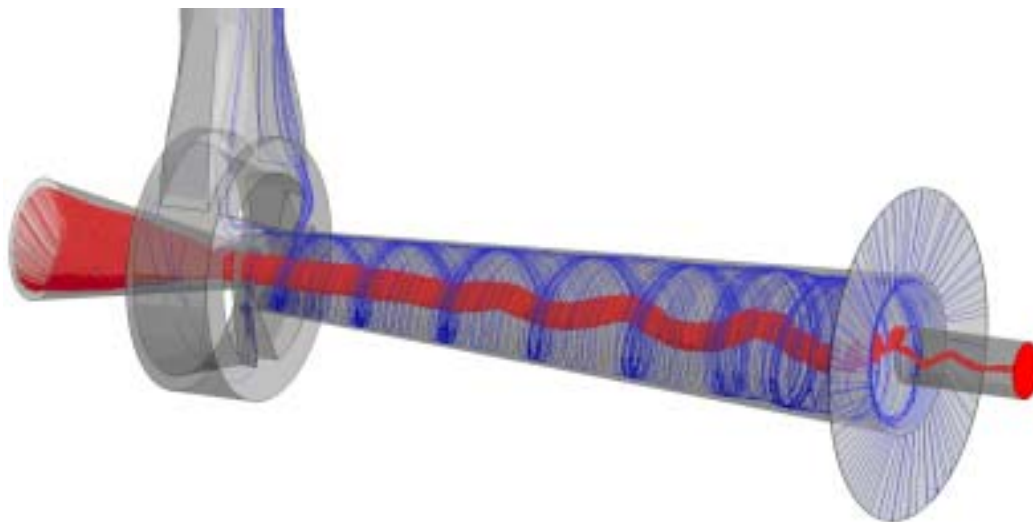


Рис. 4. Формирование вращающихся вихрей в двухконтурном энергоразделителе 9 калибров: ■ – приосевой поток; ■ – периферийный поток

Периферийный поток движется от соплового ввода к щелевому зазору, а приосевой в обратном направлении к отверстию диафрагмы. Их энергетическое и газодинамическое взаимодействие составляет основу физической модели описания процесса энергоразделения, известной как гипотеза взаимодействия вихрей. В потоке формируются крупномасштабные вихревые структуры, а также вторичные течения в виде торообразных вихревых структур, по торцевым сечениям которых происходит перенос массы вращающегося газа и зоны пониженного давления в область повышенного и обратно (рис. 5).

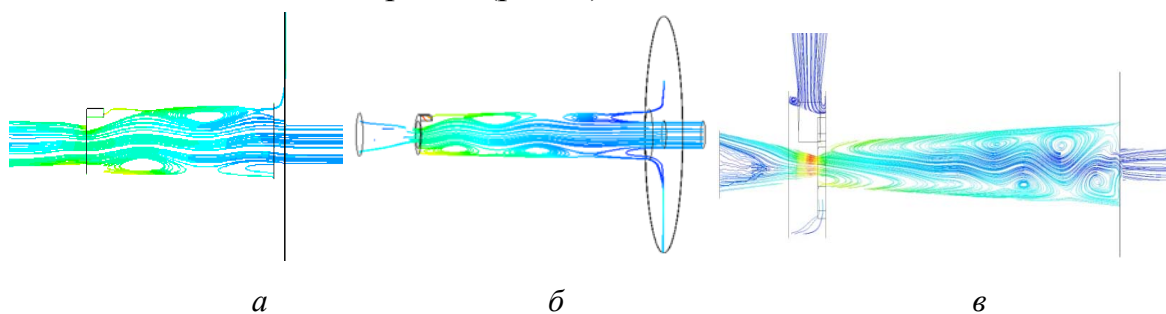


Рис. 5. Линии тока в вихревом энергоразделителе:
a – 3 калибра; *б* – 6 калибров; *в* – 9 калибров

На режимах работы трехкалибровой двухконтурной вихревой трубы $\mu \geq 1,0$ дополнительный поток полностью вытекает через отверстие диафрагмы. Основной поток разделяется на два: одна часть выходит в виде подогретых масс газа через щелевой диффузор, а другая – смешивается с дополнительным потоком. Однако на режиме работы 6-калибровой вихревой трубы $\mu = 1,8$ наблюдается другая картина течения: одна часть газа из дополнительного потока истекает через отверстие диафрагмы, другая же часть газа, подводимого дополнительно, выходит в виде подогретых масс через щелевой диффузор. Таким образом, и дополнительно подводимые массы газа распределяются в вихревой камере и вовлекаются в процесс энергообмена. Такая картина течения может наблюдаться в области, где статическое давление в радиальном направлении имеет постоянное значение. В этом случае приосевой поток газа, вводимый дополнительно, может смешиваться с периферийным вихрем и тем самым участвовать в формировании подогретых масс газа.

Достаточно четко прослеживается граница раздела потоков, находящаяся на радиусе разделения вихрей (рис. 6).

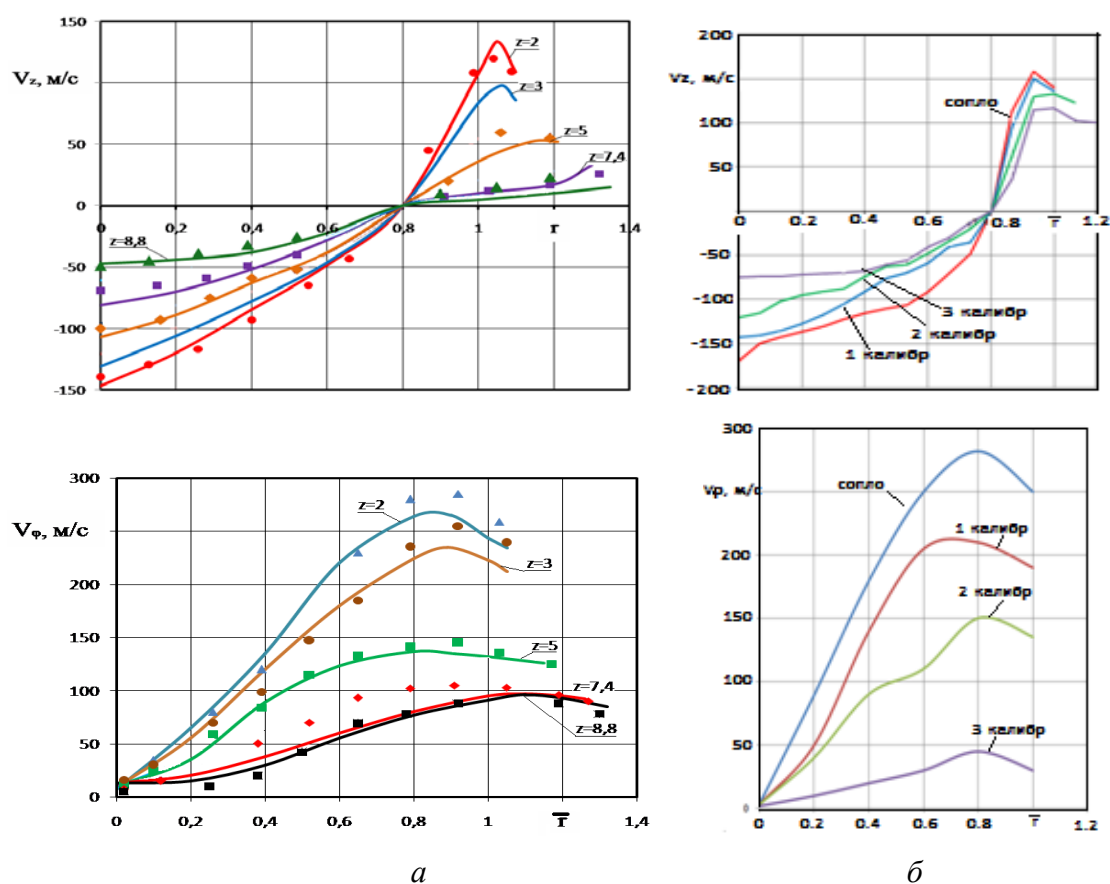


Рис. 6. Профили скоростей. Осевая V_z и окружная V_ϕ составляющие скорости:
 а – длина камеры энергоразделения 9 калибров; б – длина камеры энергоразделения
 3 калибра: точки – экспериментально полученные значения [2];
 линии – результаты численных расчетов

Этот факт хорошо согласуется с известными экспериментальными данными [2]. Величина радиуса разделения вихрей вдоль осевой координаты остается неизменной. При интенсивности крутки, характерной для вихревых труб, он определяется как $r_2 = 0,8 \cdot r_1$, а это хорошо согласуется с результатами теоретических расчетов и экспериментальных исследований [1, 2]. В вынужденном вихре $r < r_2$ зависимость осевой составляющей скорости от сечения к сечению остается неизменной, сохраняя максимум на оси и равенство нулю на радиусе разделения вихрей $r = r_2$. В свободном потенциальном вихре $r_2 < r < 1,0$ она изменяется от нуля на радиусе разделения вихрей через $V_{z\max}$ до нуля на стенке камеры энергетического разделения (см. рис. 6, а).

Окружная компонента скорости заметно превосходит осевую, причем если осевая составляющая скорости периферийного вихря по мере удаления вдоль камеры энергоразделения от соплового ввода к дросселю изменяется незначительно, то затухание вращательного движения более существенно, что приводит к росту шага винтовых линий. Этот факт использован в гипотезе взаимодействия вихрей. Именно поэтому радиальный градиент давления от соплового сечения к дросселю падает, а статическое давление на оси растет, вызывая появление осевого градиента давления, направленного от дросселя к оси диафрагмы.

Существенно неравномерным по сечению и вдоль оси камеры энергетического разделения оказывается и распределение термодинамических параметров. Статическое и полное давления существенно возрастают по мере удаления от оси камеры энергетического разделения (рис. 7, а, б).

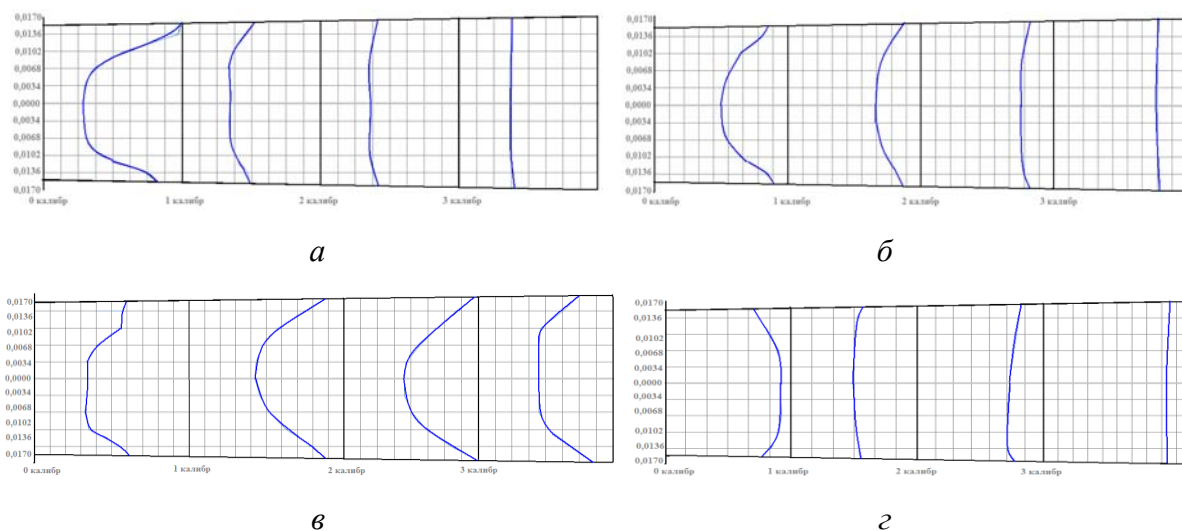


Рис. 7. Распределение термодинамических параметров в камере энергоразделения трехкалибровой трубы: а – полное давление; б – статическое давление; в – полная температура; г – статическая температура

Формируется радиальный градиент давления, который снижается от сечения соплового ввода к сечению дросселя. Вдоль оси от сечения соплового ввода к дросселю уровень давления непрерывно возрастает, снижается уровень скоростей, а это приводит практически к равномерному распределению давления по сечению и к равенству статического и полного давлений на «горячем» конце трубы. Статическая температура в радиальном направлении остается постоянной. Полная температура при движении от оси к стенкам трубы увеличивается. Таким образом, в области дросселя формируются зоны нагретых масс газа, а в области диафрагмы – охлажденные. Подвод дополнительных масс газа в приосевую зону камеры энергоразделения вихревой трубы приводит к заметному увеличению массовой доли охлажденного потока, что равнозначно увеличению холодопроизводительности вихревой трубы при незначительном увеличении энергетических затрат на формирование расхода дополнительного потока со сравнительно невысокой степенью повышения давления. Увеличение холодопроизводительности труб, при прочих равных условиях равносильно увеличению адиабатного КПД $\varphi_{ад}$ (рис. 8).

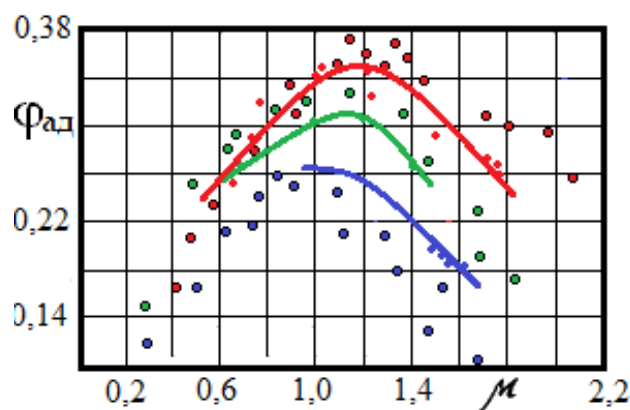


Рис. 8. Адиабатный КПД: точки – экспериментально полученные значения [2]; линии – результаты численного моделирования; ■ – $L = 3$; ■ – $L = 6$; ■ – $L = 9$

Эффекты охлаждения, полученные в результате численного расчета, в среднем на 3...5 % ниже соответствующих экспериментальных данных. Эффекты подогрева для короткой трубы длиной 3 калибра на 5 % выше экспериментальных, а для длинной девятикалибровой трубы на 2...3 % ниже. Однако данная погрешность является допустимой, так как лежит в пределах погрешности численных расчетов. Несмотря на то, что по результатам численных расчетов адиабатный КПД получился в среднем на 10 % ниже экспериментального, максимальное значение наблюдалось для короткой трубы при сравнительно высоких значениях относительной

доли охлажденного потока $\mu > 1,0$. Некоторое снижение эффекта энерго-разделения можно объяснить упрощенной формой щелевого диффузора в сеточной модели расчетной области.

Полученные численным расчетом результаты могут быть использованы для уточнения физической модели и методики расчета характеристик вихревых труб.

Библиографический список

1. Пиралишвили Ш.А., Поляев В.М., Сергеев М.Н. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения // Энергомаш. – 2000. – 412 с.
2. Пиралишвили Ш.А. Теоретическое и экспериментальное исследование вихревой трубы с дополнительным потоком: дис. ... канд. техн. наук / КуАИ. – Куйбышев, 1971.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ШУНТИРУЮЩИЙ РЕАКТОР. ТЕХНОЛОГИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ

Студент гр. 9490 А.А. Суворов

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *А.С. Гусев*

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Статья посвящена актуальной тематике всережимного моделирования в реальном времени управляемых шунтирующих реакторов, предназначенных для применения в соответствующих электроэнергетических системах. Использование данной разработки в указанных средствах позволяет полно и достоверно воспроизводить процессы в управляемых шунтирующих реакторах и электроэнергетических системах, содержащих данное устройство в целом, что позволяет надежно и эффективно решать задачи проектирования, исследования и эксплуатации электроэнергетических систем, содержащих управляемые шунтирующие реакторы.

Ключевые слова: управляемый шунтирующий реактор; математическая модель; микропроцессорный узел; гибридный процессор; электроэнергетические системы.

CONTROLLED SHUNT REACTOR. TECHNOLOGY, SIMULATION, CONTROL

Student of group 9490 Alexey A. Suvorov

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *A.S. Gusev*
National Research Tomsk Polytechnic University

The article is devoted to actual topics All-speed real-time simulation controlled shunt reactors designed for use in the relevant electric power systems. Use of this development in the specified funds can fully and reliably reproduce the processes controlled shunt reactors and power systems containing the device as a whole that allows you to securely and effectively meet the challenges of designing, researching and operation of electric power systems containing controlled shunt reactors.

Keywords: Controlled shunt reactor; mathematical model; microprocessor-based center; hybrid processor; electrical power system.

Существенное повышение управляемости и эффективности функционирования электроэнергетических систем может быть достигнуто путем применения управляемых технологий и устройств FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems), к которым относятся: управляемые шунтирующие реакторы (УШР), статические тиристорные компенсаторы (СТК), статические синхронные компенсаторы (СТАТКОМ) и др. Среди FACTS устройств наиболее распространенным в настоящее время, особенно в российских сетях, является УШР, основные назначения которого – это компенсация реактивной мощности для регулирования напряжения и минимизация потерь за счет уменьшения потоков реактивной мощности. В российских сетях, как правило, применяются два типа УШР: УШР трансформаторного типа (УШРТ) и УШР с подмагничиванием (УШРП), которому посвящена данная работа.

УШРП выполняется на общих принципах трансформаторостроения, и, как правило, на общем сердечнике реактора располагается сетевая обмотка, компенсирующая обмотка и обмотка управления. Сетевая обмотка является основной рабочей обмоткой, управляющая подключена к регулируемому по значению источнику постоянного напряжения. Каждая из обмоток создает свои магнитные потоки: сетевая обмотка – переменный поток промышленной частоты; управляющая – постоянный, регулируемый по значению поток подмагничивания. Постоянный поток подмагничивания смещает переменный поток в область насыщения кривой намагничивания стали, что и приводит к изменению индуктивного сопротивления устройства. При насыщении сердечника возникает искажение сигнала, а именно появляется ток третьей гармоники, для ограничения которого применяется соединенная в треугольник компенсационная обмотка [1].

При формировании уравнений, описывающих процессы, протекающие в УШРП, учитывается взаимодействие каждой обмотки фазы с собственным основным магнитным потоком и потоком рассеивания. Согласно обозначенному подходу создаваемая математическая модель должна объединять в себе систему уравнений трех фаз трехобмоточного реактора, которая включает в себя:

1) уравнения магнитосвязанных потоком фазы контуров каждой обмотки:

$$w_{CO_i} \frac{d\Phi_{0i}}{dt} + L_{CO_i} \frac{di_{CO_i}}{dt} + r_{CO_i} i_{CO_i} = u_{CO_i},$$

$$w_{KO_i} \frac{d\Phi_{0i}}{dt} + L_{KO_i} \frac{di_{KO_i}}{dt} + r_{KO_i} i_{KO_i} = 0,$$

$$w_{YO_i} \frac{d\Phi_{YO_i}}{dt} + L_{YO_i} \frac{di_{YO_i}}{dt} + r_{YO_i} i_{YO_i} = u_{YO_i},$$

где w_{ji} – число витков j -й обмотки; i – фазы A, B, C ; Φ_0 – мгновенное значение основного магнитного потока фазы i ; Φ_{YO} – мгновенное значение магнитного потока управления фазы i ; L_{ji} – индуктивность рассеивания j -й обмотки фазы i ; i_{ji} – мгновенное значение тока в j -й обмотке фазы i ; r_{ji} – активное сопротивление j -й обмотки фазы i ; u_{ji} – мгновенное значение напряжения j -й обмотки фазы i ;

2) уравнения магнитодвижущих сил для каждой фазы:

$$w_{CO_i} \cdot i_{CO_i} + w_{KO_i} \cdot i_{KO_i} + w_{YO_i} \cdot i_{YO_i} = F_{\text{нам}i},$$

где $F_{\text{нам}i}$ – намагничивающая сила для фазы i , определяемая с учетом возможного насыщения стали выражением, $F_{\text{нам}i} = K_{\mu} \Phi_{0i}$.

Полученные системы уравнений позволяют синтезировать соответствующую математическую модель УШРП, воспроизводящую процессы в обмотках, с учетом магнитопровода и его нелинейности, а также программно-аппаратной реализации данной модели, которая позволит бездекомпозиционно и непрерывно в реальном времени и на неограниченном интервале осуществлять обработку такого рода математических моделей, содержащих жесткую нелинейную систему дифференциальных уравнений, с гарантированной точностью. Решение такой модели численным путем неэффективно в связи с необходимым для этого упрощением и ограничением математической модели и, как следствие, сокращением полноты и достоверности моделирования.

Создание указанной модели и разработка альтернативного пути решения, а также программно-аппаратных средств, адаптированных для применения в соответствующей среде моделей ЭЭС, являются весьма актуальной задачей, с решением которой связана данная работа, включающая синтез обозначенной математической модели и создание программно-аппаратных средств – специализированного процессора УШР (СПР), структура которого изображена на рис. 1.

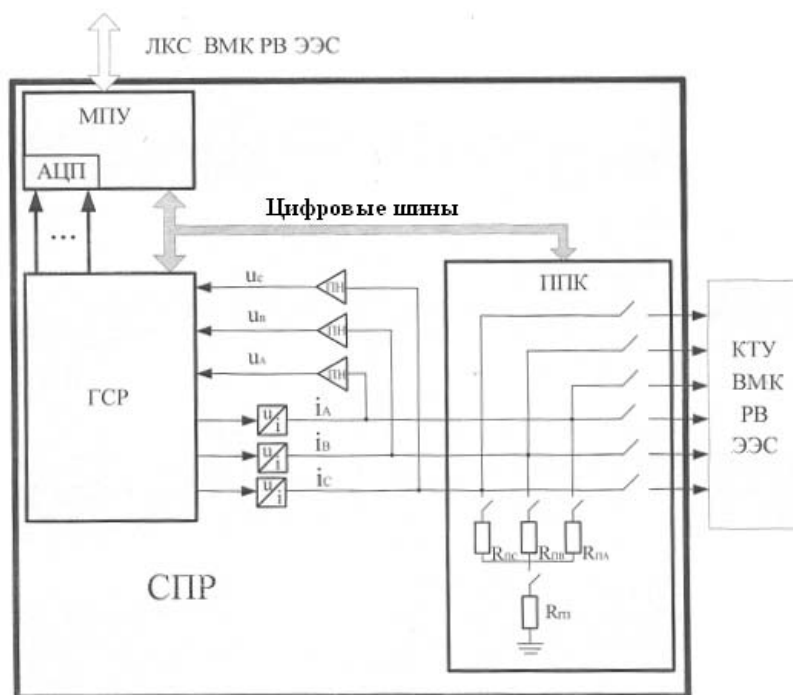


Рис. 1. Структура специализированного процессора УШР

В состав СПР входят:

1. Микропроцессорный узел (МПУ), с помощью которого моделируется САУ УШРП и все информационное управление. МПУ содержит центральный и периферийный микроконтроллер и аналого-цифровой

преобразователь. САУ УШРП имеет три канала: по напряжению, по току и по реактивной мощности. Пример блок-схемы работы САУ приведен на рис. 2. Каждый канал содержит защиту от перегрузки и от перенапряжения.

Есть режимы форсированной загрузки и разгрузки УШРП. Изменение сопротивления УШРП пропорционально отклонению напряжения, тока или реактивной мощности от уставки.

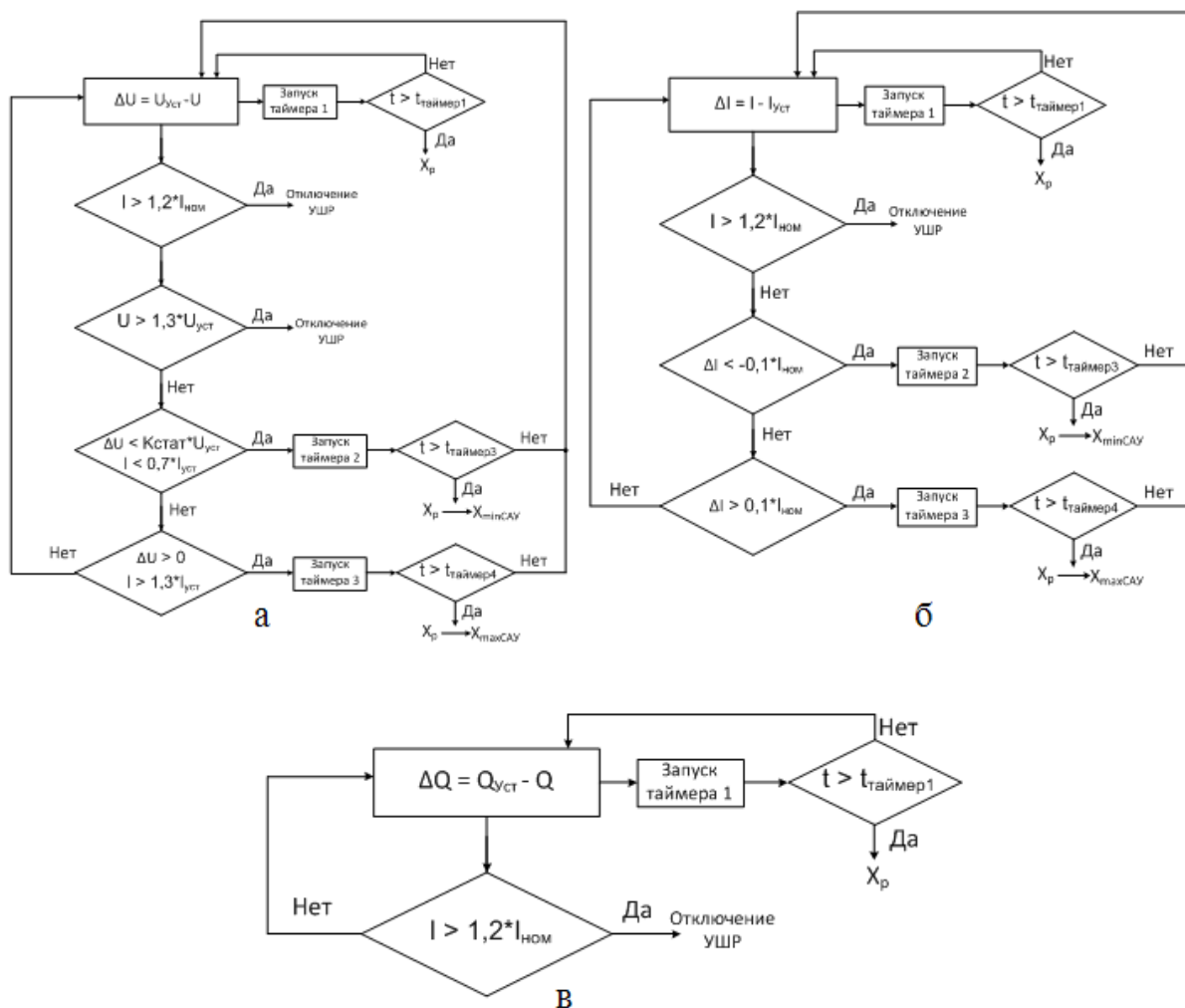


Рис. 2. Блок-схема работы канала САУ: а – по напряжению; б – по току; в – по реактивной мощности

2. Гибридный сопроцессор реактора (ГСР), с помощью которого осуществляется непрерывное и неявное решение системы дифференциальных уравнений математической модели УШРП в реальном времени и на неограниченном интервале. Выходные переменные ГСР представляются выходными напряжениями, которые преобразуются с помощью преобразователей u/i в модельные физические токи. Непрерывная информация о напряжениях в выходных узлах с помощью повторителя напряжений вводится в ГСР.

3. Для осуществления всевозможного спектра трехфазных и пофазных продольно-поперечных коммутаций (ППК) используется цифрoуправляемые аналоговые ключи. Переходное сопротивление коммутации реализуется с помощью цифрoуправляемых сопротивлений.

Разработанный подобным образом СПР адаптирован для использования во всережимном моделирующем комплексе реального времени электроэнергетических систем, который был создан в Энергетическом институте Томского политехнического университета [2].

Библиографический список

1. Брянцев А.М. Управляемые подмагничиванием электрические реакторы. – М.: Знак, 2004.

2. Боровиков Ю.С., Гусев А.С., Сулайманов А.О. Принципы построения средств моделирования в реальном времени интеллектуальных энергосистем // Электричество. – 2012. – № 6.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В КАНАЛЕ АДАПТЕРА ЭКСТРУЗИОННОЙ ГОЛОВКИ

Аспирант М.В. Бачурина

Научный руководители: канд. техн. наук, доцент *А.В. Казаков*,
д-р техн. наук, профессор *Н.М. Труфанова*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

В данной работе рассмотрена кабельная головка с адаптером для однослойного наложения изоляции. Математическая модель была решена численным методом с помощью программного комплекса ANSYS. На основе полученных результатов были сделаны выводы о незначительном влиянии разделителя потоков в адаптере кабельной головки на физические параметры расплава полимера.

Ключевые слова: математическое моделирование, экструзия, кабельная головка.

NUMERICAL STUDY OF HEAT AND MASS TRANSFER IN A CHANNEL ADAPTER EXTRUSION HEAD

Postgraduate M.B. Bachurina

Scientific advisers: Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *A.V. Kazakov*,
Doctor of Technical Sciences, Professor *N.M. Trufanova*
Perm National Research Polytechnic University

In this work we dealt with the cable die adapter for one-layer insulation. The mathematical model was solved with the ANSYS program complex by numerical approach. The results showed a little effect of the separated flows in the cable die adapter on physical parameters of the polymer melt.

Keywords: Mathematical modeling, extrusion, cable die

Создание качественной полимерной изоляции является физически сложным процессом. Для ее получения необходимо избегать негативных влияний, таких как перегревы на расплав полимера.

В данной работе объектом исследования являлся канал экструзионной головки с адаптером, имеющим переменную геометрию (рис. 1). Целью данного численного исследования являлось определение влияния геометрии адаптера на распределение температуры расплава полимера и траекторию движения паточка на выходе из экструзионной головки.

Измерение вышеуказанных параметров производилось в середине канала по $R = 3$ мм (на высоте канала $h = 0,5$ мм). Ключевыми результатами расчетов являются полученные поля температур и давлений для вышеописанных моделей.

Математическое описание процессов теплообмена расплава полимера при течении основано на законах сохранения.

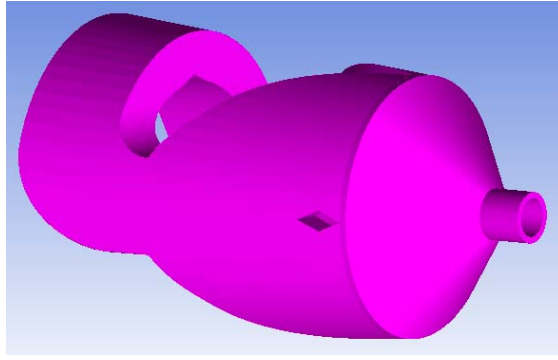


Рис. 1. Объемное изображение канала
экструзионной головки

Сделаем ряд допущений:

- процесс стационарный;
- среда несжимаемая, без упругих свойств;
- массовые и инерционные силы значительно меньше поверхностных;
- на границах канала задавались условия прилипания и непроницаемости;
- теплофизические характеристики постоянны.

В результате сделанных допущений система дифференциальных уравнений примет следующий вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial (rv_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} = 0; \quad (1)$$

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{v_\varphi^2}{r} + v_\zeta \frac{\partial v_r}{\partial \zeta} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} + \quad (2)$$

$$+ \frac{1}{r} \frac{\partial (r\tau_{rr})}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} - \frac{\tau_{\varphi\varphi}}{r} + \frac{\partial \tau_{r\zeta}}{\partial \zeta};$$

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r v_\varphi}{r} + v_\zeta \frac{\partial v_\varphi}{\partial \zeta} \right) = -\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + \quad (3)$$

$$+ \frac{1}{r^2} \frac{\partial (r^2 \tau_{r\varphi})}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{\varphi\zeta}}{\partial \zeta};$$

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_\zeta}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_\zeta}{\partial \varphi} + v_\zeta \frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} \right) = -\frac{\partial P}{\partial \zeta} + \quad (4)$$

$$+ \frac{1}{r} \frac{\partial (r\tau_{r\zeta})}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\varphi\zeta}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{\zeta\zeta}}{\partial \zeta};$$

$$\rho C \left(v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} + v_\zeta \frac{\partial T}{\partial \zeta} \right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\lambda \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right) + \quad (5)$$

$$+ \frac{\partial}{\partial \zeta} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial \zeta} \right) + \Phi;$$

где r , φ , ζ – радиальная, окружная и продольная цилиндрические координаты; v_r , v_φ , v_ζ – компоненты вектора скорости; τ_{ij} – компоненты тензора девиатора напряжений; $\frac{\partial P}{\partial r}$, $\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \varphi}$, $\frac{\partial P}{\partial \zeta}$ – градиенты давления, P – давление; T – температура; ρ – плотность; C – теплоемкость; λ – теплопроводность; μ_ε – эффективная вязкость, являющаяся функцией скорости сдвига и температуры:

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

где μ_0 – начальная вязкость при T_0 , β – температурный коэффициент вязкости, n – коэффициент аномалии вязкости, I_2 – второй инвариант тензора скоростей деформации.

Компоненты тензора напряжений для несжимаемой жидкости в цилиндрической системе координат имеют вид:

$$\begin{aligned} \tau_{rr} &= 2\mu_\varepsilon \frac{\partial v_r}{\partial r}; \quad \tau_{\varphi\varphi} = 2\mu_\varepsilon \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r}{r} \right); \quad \tau_{r\varphi} = \tau_{\varphi r} = \mu_\varepsilon \left[\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_\varphi}{r} \right) \right]; \\ \tau_{r\zeta} &= \tau_{\zeta r} = \mu_\varepsilon \left(\frac{\partial v_r}{\partial \zeta} + \frac{\partial v_\zeta}{\partial r} \right); \quad \tau_{\zeta\varphi} = \tau_{\varphi\zeta} = \mu_\varepsilon \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial \zeta} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\zeta}{\partial \varphi} \right); \quad \tau_{zz} = 2\mu_\varepsilon \frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta}. \end{aligned} \quad (7)$$

Функция диссипации

$$\begin{aligned} \Phi &= \tau_{rr} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \tau_{\varphi\varphi} \frac{1}{r} \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + v_r \right) + \tau_{\zeta\zeta} \frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} + \tau_{r\varphi} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_\varphi}{r} \right) \right] + \\ &+ \tau_{r\zeta} \left(\frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} + \frac{\partial v_\zeta}{\partial r} \right) + \tau_{\varphi\zeta} \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial \zeta} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\zeta}{\partial \varphi} \right) = \mu_\varepsilon \frac{I_2}{2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь

$$\begin{aligned} \frac{I_2}{2} &= 2 \left[\left(\frac{\partial v_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} \right)^2 \right] + \left[\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v_\varphi}{r} \right) \right]^2 + \\ &+ \left(\frac{\partial v_\zeta}{\partial \zeta} + \frac{\partial v_\zeta}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial \zeta} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\zeta}{\partial \varphi} \right)^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Система дифференциальных уравнений (1)–(9) замыкается следующими граничными условиями:

- на неподвижных стенках компоненты скорости равны нулю;
- на границе контакта с подвижной жилой продольная компонента скорости равна скорости движения жилы;
- на входе задаются расход материала и соответствующая ему скорость;

- на выходе – условие свободного истечения и ГУ второго рода по скорости и температуре;
- температура неподвижных стенок канала задается 503К (230С°);
- температура расплава полимера на входе в экструдер постоянная и составляет 493К (220 С°);
- температура подвижной жилы 343К (70 С°);
- система дифференциальных уравнений решается методом конечных элементов.

Для режима заданного расхода величина $P_{\text{вх}}$ неизвестна, поэтому система алгебраических уравнений относительно узловых неизвестных v_r, v_ϕ, v_z и P , дополняется уравнением для расхода:

$$\int_{R_{\text{дл}}}^{R_{\text{мл}}} v_z r dr = \frac{G_0}{\rho_m 2\pi}. \quad (10)$$

Система дифференциальных уравнений (1)–(9) решается методом конечных элементов в пакете *Ansys*.

Материалы, применяемые в расчетах

Корпус адаптера головки выполнен из стали:

$$\begin{aligned} \rho &= 8030 \text{ кг/м}^3, \\ c_p &= 502,48 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}, \\ P &= 16,27 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}. \end{aligned}$$

Свойства полимера, использованного для моделирования процесса течения:

$$\begin{aligned} \rho &= 1080 \text{ кг/м}^3, \\ c_p &= 2500 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}, \\ P &= 0,182 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}, \\ k &= 38523 \text{ кг}\cdot\text{с}^{n-2}/\text{м}, \\ n &= 0,251, \\ \alpha &= 198,147 \text{ }^\circ\text{С}, \\ T\alpha &= 160 \text{ }^\circ\text{С}. \end{aligned}$$

Наложение изоляции происходило на алюминиевую жилу. Свойства алюминия:

$$\begin{aligned} \rho &= 2719 \text{ кг/м}^3, \\ c_p &= 871 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}, \\ P &= 202,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}. \end{aligned}$$

На рис. 2, 3 представлены поля температур расплава полимера для модели адаптера с разделителем потоков и без него.

На рис. 4, 5 представлены траектории движения полимера по каналу адаптера для двух вышеописанных моделей.

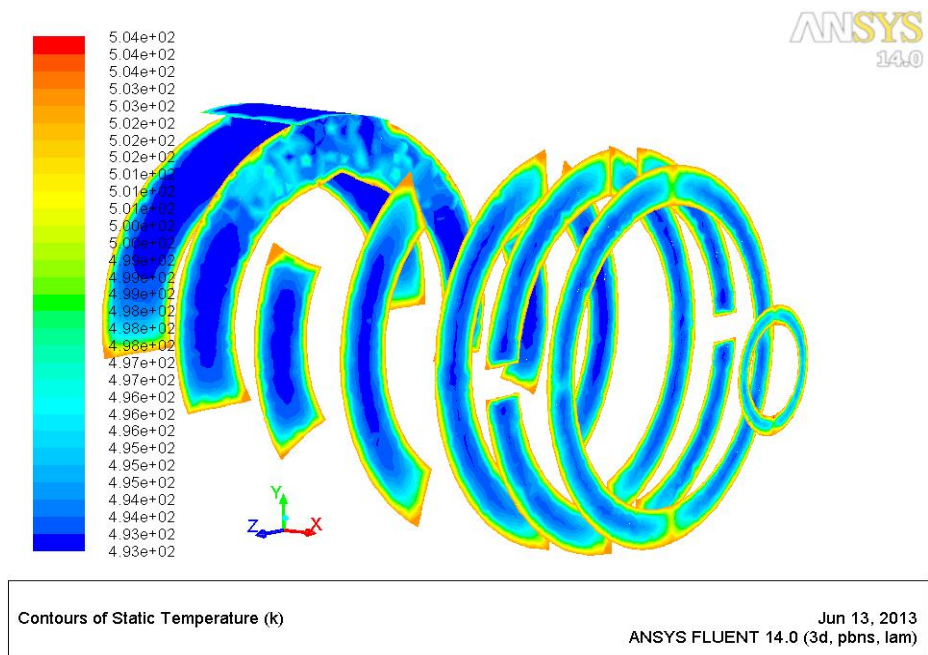


Рис. 2. Поле температур канала течения с разделителем потоков

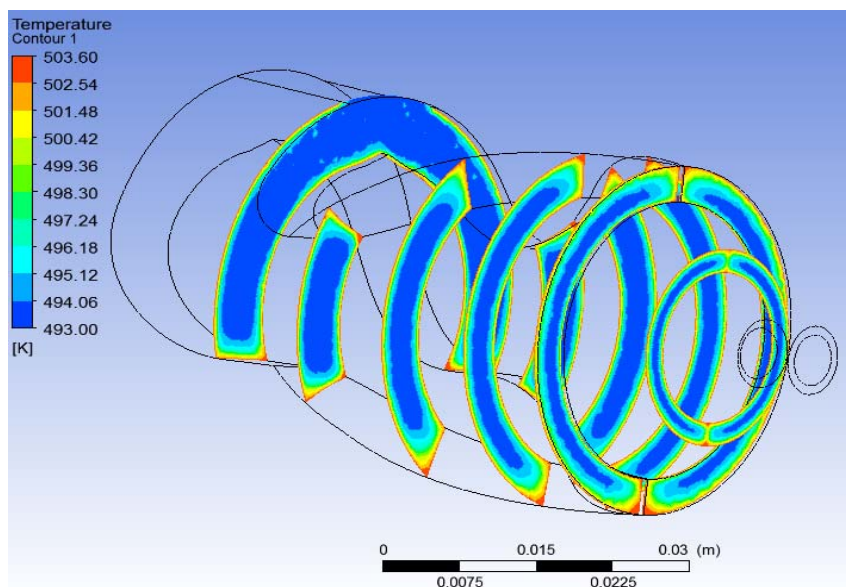


Рис. 3. Поле температур канала течения без разделителя потоков

На рис. 2, видно, что значительных перегревов, связанных с циркуляцией расплава, нет, а максимальное значение температуры расплава ниже температуры корпуса экструзионной головки. Это связано с тем, что температура поступающего в канал полимера на 10 градусов ниже чем температура стенок канала. Таким образом, в процессе течения полимера температура материала успевает лишь приблизиться к заданной температуре стенки.

Из рис. 3, так же видно, что температурных перегревов в канале адаптера не наблюдается, а максимальная температура не превышает тем-

пературы нагрева стенок адаптера. Однако существуют области в носиковой части, где температура выше на 2–3 градуса. Это места, где потоки канала смыкаются, а происходит это вследствие нагрева полимера от стенок адаптера.

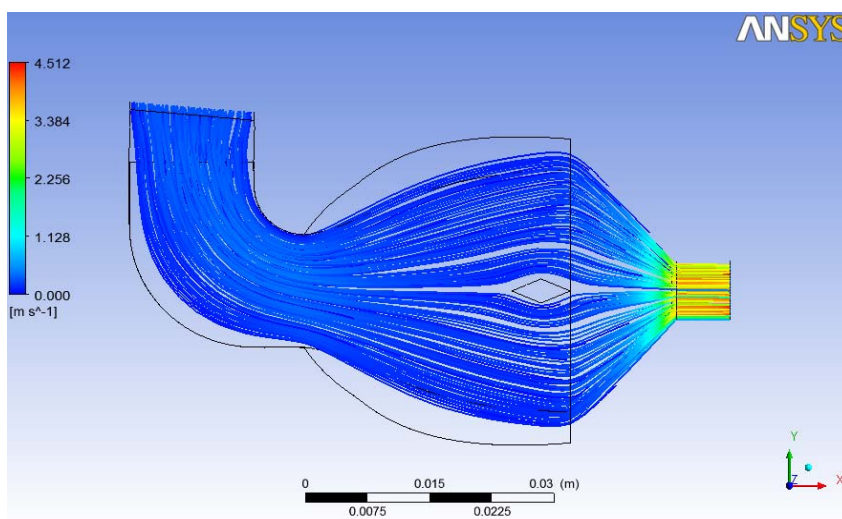


Рис. 4. Линии тока полимера в канале адаптера с рассекателем потоков

Из рис. 4 видно, что при течении полимера в канале адаптера заметных завихрений потока и застойных областей не образуется. Рассекатели потоков омываются полимером, не создавая при этом возмущенности в направлении движения полимера.

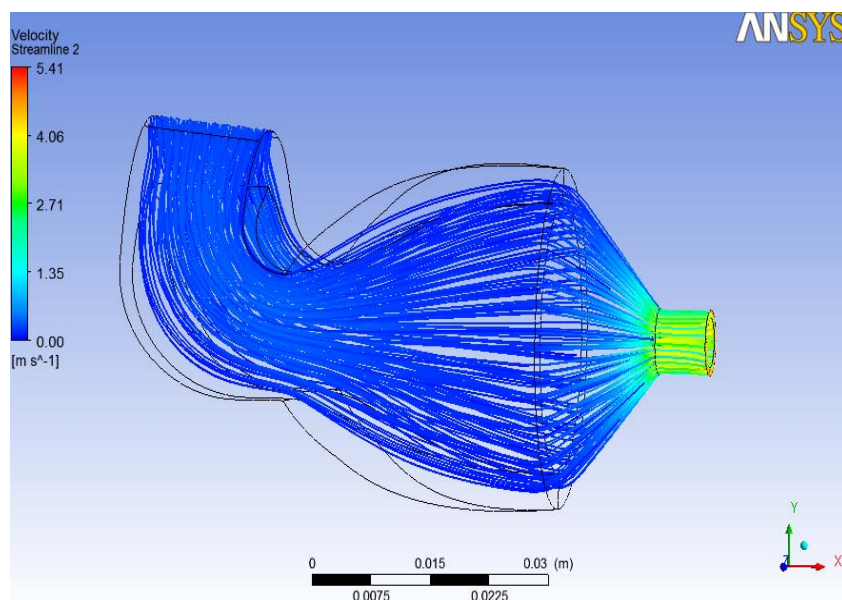


Рис. 5. Линии тока полимера в канале адаптера без рассекателя потоков

На рис. 5 видно, что линии тока полимера прямые и нет завихрений, которые могли бы негативно влиять на качество материала.

Таким образом, на основании рис. 2, 3, 4, 5 можно сделать вывод о том, что наличие разделителя потоков в адаптере экструзионной головки незначительно влияет на физические параметры расплава полимера.

Библиографический список

1. Yankov V.I., Trufanova N.M., Shcherbinin A.G. Flow of polymeric fluids in helix seals // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2005. – № 6. – С. 3–5.
2. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984 – 632 с.
3. Козицын А.Д., Труфанова Н.М. Моделирование процессов тепло-массопереноса в экструзионной головке с адаптером // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2012. – 123 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕТНИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКЕ

Студент гр. НД-123 А.А. Кабанец
Омский государственный технический университет

Разработана модель, на основе которой будет обеспечиваться эксплуатация транспортных средств на летних сортах дизельных топлив и масел в условиях низких температур.

Ключевые слова: климатические зоны; дизельные топлива и масла; вязкость дизельного топлива.

IMPROVEMENT OF THE DEVICE PROVIDING APPLICATION OF SUMMER DIESEL FUELS AND OILS IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES ON SPECIALIZED EQUIPMENT

Student gr. ND-123 A.A. Kabanets
Omsk State Technical University

A model based on the exploitation of which will be provided transportation to the fixed assets of summer grades of diesel fuel and oil at low temperatures.

Keywords: climatic zones; Diesel fuels and oils; viscosity of diesel fuel.

Одной из причин научного исследования этой темы являются климатические условия Сибири и Крайнего Севера, поскольку мы живем в Западной Сибири с довольно суровыми зимами. Для России остается важной и актуальной проблема применения ГСМ для техники при низких температурах. Территория страны имеет много регионов с продолжительными зимами, где хранение и эксплуатация техники осуществляются при низких температурах.

Для обеспечения готовности техники в этих условиях необходимо, чтобы применяемые топлива свободно прокачивались в топливных системах при низких температурах окружающего воздуха в данных климатических зонах.

Эта тема очень актуальна сегодня для транспортной отрасли. Как известно, многие фирмы, работающие на Севере и в Сибири имеют множество проблем с эксплуатацией специализированной техники из-за низких температур окружающей среды (от -45 до -64 °C). Это связано с эксплуатацией транспортных средств, не предназначенных к данным климатическим условиям.

Основной целью нашей работы является разработать модель, на основе которой будет обеспечиваться эксплуатация транспортных средств на летних сортах дизельных топлив и масел в условиях низких температур.

План данной научной работы включает:

- разработку тактической модели (Основной целью разработки служит внедрение устройств экономически выгодных для регионов Сибири и дальнего севера);
- исследование факторов, влияющих на прокачиваемость дизельного топлива (температура и фильтры тонкой очистки);
- анализ способов и устройств применения дизельного топлива при низких температурах;
- разработку системы обеспечения применения дизельного топлива при низких температурах на специализированной технике;
- технико-экономический анализ (внедрение данной разработки с большей экономической эффективностью).

Объект исследования. В данной научной работе проведен анализ низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел с целью совершенствования устройства, обеспечивающего применение летних дизельных топлив и масел в условиях низких температур на специализированной технике.

Факторы, влияющие на прокачиваемость ДТ: вязкость ДТ (вязкость при 20 °С для летних сортов в пределах 3,0...6,0 сСт, для зимних сортов – 1,8...5,0 сСт, для арктических – 1,5...4,0 сСт).

Температура помутнения и застывания (дизельное топливо выпускается согласно ГОСТ 305-82 трех марок: Л – летнее, применяемое при температуре окружающей среды не ниже 0°С , З – зимнее – до 30°С , А – арктическое до – 50°С).

Условия прокачиваемости ДТ (свойства дизтоплива, обеспечивающие бесперебойную подачу дизтоплива в цилиндры в необходимом количестве): определяются вязкостью, низкотемпературными характеристиками, содержанием механических примесей, смол и других загрязнений, влияющих на прохождение топлива через фильтр.

Конструкция систем подачи: система подачи топлива – в двигателях внутреннего сгорания служит для подачи топлива из топливного бака к топливной рейке, избыток топлива через регулятор давления возвращается в бак.


Разработка системы обеспечения применения ДТ и масел в условиях низких температур:

- исходные данные для разработки системы;
- измерение и регулирование температур;
- промышленные виды позисторов, осуществляющие измерение и регулирование температур;
- разработка системы и проведение стендовых испытаний;
- расчет технико-экономического анализа.

При низких температурах дизельное топливо становится более вязким, в нем начинают образовываться парафины, что затрудняет работу всей топливной системы. Самыми уязвимыми местами автомобиля являются фильтр тонкой очистки, топливная магистраль и топливный бак. Подогрев дизельного топлива в зимний период позволяет уменьшить вязкость дизельного топлива, предотвратить парафинизацию в топливной системе двигателя автомобиля.

В качестве примера для установки подогревательной системы рассмотрим специализированное транспортное средство «УРАЛ», на котором был установлен бандажный подогреватель топливного фильтра, существующий в двух вариациях: мощностью 12 и 24 В (в зависимости от размера фильтра), то есть чем больше габаритные размеры фильтра, тем больше должна быть мощность. Также на транспортном средстве был установлен подогрев топливной системы (подогреватели проточные и ленточный по всей длине магистрали), в топливном баке данного транспортного средства был установлен подогреваемый топливозаборник, который обеспечивает подогрев ДТ на начальном уровне. Был установлен подогрев фильтров сепараторов. Эта установка дает возможность улавливать загрязнения ДТ на начальном этапе движения.

Предпусковые подогреватели дизельного топлива представлены ниже

Подогреватель	Основные критерии подбора	Особенности установки	Особенности работы
Подогрев топливного фильтра			
<p><u>Предпусковой подогреватель бандажный</u></p> 	Габаритные размеры фильтра тонкой очистки и напряжение бортовой сети	Устанавливается на корпус фильтра тонкой очистки	Подогревает корпус топливного фильтра. Применяется для пускового подогрева - кратковременно (3-10 минут до включения двигателя), а так же может работать в процессе движения автомобиля.
Подогрев топливпровода			
<p><u>Подогреватель дизельного топлива проточный</u></p> 	Напряжение бортовой сети	Устанавливается врезом топливпровода перед фильтром тонкой очистки	Подогревает дизельное топливо на входе в фильтр тонкой очистки. Включается автоматически при температуре топлива ниже + 5°C. Работает от генератора

[<http://elcer.com.ua/autonagrev/>]

	Длина топливной магистрали и напряжение бортовой сети	Обматывает топливную магистраль по всей длине.	Прогревает всю топливную магистраль по всей длине. Работает в процессе движения автомобиля.
Подогрев топливного бака			
	Диаметр штатного топливозаборника и напряжение бортовой сети	Устанавливается на штатный топливозаборник	Подогревает дизельное топливо на входе в штатный топливозаборник. Применяется для пускового подогрева - кратковременно, а так же может работать в процессе движения автомобиля.
	Напряжение бортовой сети и высота бака	Устанавливается вместо штатного топливозаборника	Подогревает дизельное топливо на входе в топливную магистраль. Режим работы - постоянный (при включенном двигателе)

[<http://elcer.com.ua/autonagrev/>]

Подогреватели «НОМАКОН™ ПД-200» устанавливаются между посадочной головкой двигателя и корпусом топливного фильтра и подключаются к бортовой электросети автомобиля. В случае ручного управления выключатель с индикацией устанавливается в кабине водителя.

Основные технические характеристики подогревателей НОМАКОН™ ПД-201, ПД-202 ТУ РБ 100009933.014-2011			
Наименование	Модель		
	ПД-201	ПД-202	
Диаметр посадочной головки фильтра (монтажный диаметр), мм	70		
Диаметр кольцевой прокладки (наружный x внутренний), мм	72x62		
Диаметр центрального резьбового отверстия фильтра, мм	16x1,5		
Напряжение питания постоянного тока, В	12	24	
Номинальная электрическая мощность, Вт	- предпусковой подогрев (средняя)	110	120
	- маршевый подогрев	150	300
Максимальная температура нагревательного элемента, °С, не более	130		
Рабочая температура, климатическое исполнение по ГОСТ 15150	От минус 40 до плюс 45°С, ХЛ2		
Режим работы	Кратковременный 5-10 мин от аккумулятора, продолжительный от генератора автомобиля		

[<http://elcer.com.ua/autonagrev/>]

Подогреватель сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания в пределах 85–125 % от номинального напряжения. Срок службы подогревателя – не менее 5 лет, средняя наработка на отказ – не менее 3000 ч.

В зависимости от температуры окружающей среды рекомендуемая длительность предпускового разогрева фильтра от аккумулятора составляет 5–10 мин. В режиме маршевого разогрева при работающем двигателе

ориентировочно потребуется одна минута для повышения на 1 град. температуры дизельного топлива.

Экономическая выгода. По трудовому кодексу РФ рабочий день должен быть 8 часов. Остальное время машины работают на холостом ходу из расчета, что транспортное средство «Урал» на холостом ходу использует 10 л за 1 ч, при этом работая 16 ч. Из этого следует, что за 16 ч сгорит 160 л. Возьмем среднюю стоимость 1 л зимнего ДТ за 30 руб/л. Получается, за 16 ч – 4800 рублей без учета движения автомобиля во время работы. За месяц (30 дней) – 144 000 рублей, и это без учета движения. Также вследствие постоянной работы увеличивается износ рабочих частей двигателя. Из-за того, что двигатель постоянно находится в рабочем режиме, он нуждается в постоянной поддержке уровня моторного масла и охлаждающей жидкости (тосол).

Средняя стоимость автоматической подогревательной системы – от 10 000 до 15 000 рублей. С подогревательной системой подогрев ДТ осуществляется в автономном режиме за счет электроэнергии аккумулятора без расхода ДТ. С подогревательной системой целесообразнее использовать летний сорт ДТ (цена за 1 л – 27 руб.), так как система в автоматическом режиме поддерживает температуру ДТ. Подогревательная система полностью окупит себя за 4–5 суток. Расчеты представлены в таблице.

Система	Вид топлива	Расход за 16 часов	Цена за литр	Затраты
Подогревательная	Зимнее/летнее	–	Зимняя – 30 руб. Летняя – 27 руб.	Стоимость установки 10–15 тыс. руб.
Безподогревательная	Зимнее/летнее	160 л	Зимняя – 30 руб. Летняя – 27 руб.	За 16 час – 4800 руб.

Библиографический список

1. Афанасьева Е.И., Тульчин И.К. Снижение расхода электроэнергии в электроустановках зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.
2. Воробьев Л.А., Стриха И.И. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве БССР. – М., 1987. – 74 с.
3. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. – М.: Высшая школа, 1988. – 320 с.
4. Тарнижевский М.В., Афанасьева Е.И. Пути экономии электроэнергии в жилищно-коммунальном хозяйстве. – М.: Стройиздат, 1980. – 274 с.

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖКИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА НА ЗАКОНОДАТЕЛЬНОМ УРОВНЕ

Студентка гр. ИН-09 К.Г. Мусихина

Научные руководители: директор *T. Франк*
г. Гамбург (Германия), компания *Envidatec GmbH*,
канд. техн. наук, доцент *A.V. Кычкин*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Предложен обзор ключевых законодательных проектов Германии, направленных на развитие процессов внедрения систем энергетического менеджмента в соответствии со стандартом ISO 50001:2011. Предлагается модель организации процесса внедрения и сертификации системы энергетического менеджмента с использованием опыта зарубежного партнерства с компанией *Envidatec GmbH*.

Ключевые слова: система энергетического менеджмента, международный стандарт ISO 50001:2011, энергосбережение, энергоэффективность.

EUROPEAN EXPERIENCE OF THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS INTRODUCTION SUPPORT AT THE LEGISLATIVE LEVEL

Student group IN-09 K.G. Musikhina

Scientific advisers – Director *T. Frank*
Hamburg (Germany), *Envidatec GmbH*,
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *A.V. Kychkin*
Perm National Research Polytechnic University

Abstract. An overview of key legislative projects in Germany, aimed at the development process of implementation of energy management systems in accordance with ISO 50001: 2011, provides. A model of the implementation and certification of the energy management system based on the experience of foreign partnership with *Envidatec GmbH* is proposed.

Keywords: energy management system, the international standard ISO 50001: 2011, energy conservation, energy efficiency.

Вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности сегодня интересны в большей части на организационном уровне. Мировая практика уже не первый год показывает системность в повышении энергоэффективности, которая, по мнению Организации ООН по промышленному развитию (*United Nations Industrial Development Organization*, UNIDO), достигается за счет изменений в методах и способах управления. В соответствии со стандартом на системы энергетического менеджмента (СЭНМ) – ISO 50001: 2011 ключевым аспектом успешного энергоменеджмента в организации является модернизация существующего производства и управления на основе использования наилучшей мировой практики в области энергосбережения [1, 2].

Формирование лучших мировых практик на базе ведущих предприятий зарубежных стран во многом обуславливается всесторонним развитием их законодательной базы. Государство мотивирует предприятия к рациональному потреблению энергии, что на практике выражено введением законов, предоставлением кредитов и займов, налоговых льгот и пр. При этом в литературных источниках и СМИ, как правило, указаны лишь результаты лучших практик зарубежных предприятий, при этом опыт государственного управления проектами в энергетике, в частности, при внедрении систем энергетического менеджмента, не рекламируется. В связи с этим систематизация и анализ законодательной базы стран, предприятия которых считаются полноправными лидерами в области энергоэффективности, выявление преимуществ и ключевых факторов мотивации предприятий за рубежом, представляют сегодня особый интерес.

Европейский опыт государственного управления проектами в области современной энергетике. Германия входит в число мировых лидеров в области энергосбережения с одним из самых жестких законодательств и нормативов в этой области. В Германии на сегодняшний день имеется ряд законов, регулирующих энерго- и ресурсопотребление, повышающих энергоэффективность предприятий. Наибольший интерес представляют актуальные законодательные проекты, принятые или модернизированные в течение последних 10 лет.

Например, известен Закон по экономии энергии – *Energieeinsparungsgesetz* (EnEV), который был принят в 2002 г., с тех пор несколько раз дорабатывался, последние изменения внесены в 2007 и 2009 гг. [3–5].

В развитие данного закона принят другой – «Закон об использовании возобновляемых источников энергии для получения тепла» – *ErneuerbareEnergienWärmeGesetz* (EEWärmeG), который содержит минимальные требования к жилым и нежилым помещениям. Благодаря мерам, устанавливаемым Законом EEWärmeG, к 2020 г. доля альтернативных источников для получения тепла должна возрасти с 6,6 до 14 %. Для достижения этой цели все здания, частные и муниципальные, жилые и промышленные, большие и маленькие, должны в обязательном порядке хотя бы частично покрывать свое энергопотребление из альтернативных источников [6]. В рамках Программы стимулирования рынка – *Marktanreizprogramm* (MAZ) на стимулирование затратных энергосберегающих мероприятий немецкая Федеральная служба экономики и экспорта (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA) ежегодно выделяет порядка 500 млн евро.

Закон «О защите когенерации» был заменен в 2002 г. действующим сейчас Законом «О сохранении, модернизации и развитии когенерации»

(KWK-G). Этот закон включает в себя обязанность допускать в общественную электросеть электроэнергию, которая была выработана на когенерационных установках, и оплачивать ее по определенной рыночной цене. Кроме того, Закон о когенерации предусматривает для небольших когенерационных установок установленные законом надбавки за подпитку общественной сети, которые финансируются за счет федеральной надбавки за электроэнергию.

На когенерационные установки, которые работают на таких возобновляемых источниках энергии, как биогаз, рапсовое или растительное масло, кроме того, распространяется Закон «О приоритете возобновляемых источников энергии» (EEG), который предусматривает общее возмещение отданной в сеть электрической энергии.

Кроме того, Закон «О налогообложении энергетики» (EnStG) освобождает от налога на электроэнергию, выработанную самостоятельно.

С января 2009 г. крупные энергопотребители в Германии получают финансовые стимулы по схеме через *Renewable Energy Sources Act* (EEG), если они внедрили СЭнМ.

На рис. 1 представлена временная диаграмма, отображающая хронологию принятия основных законов и стандартов в Германии. На данной диаграмме отчетливо видно, что законодательная база в Германии многогранна и каждый год претерпевает развитие.

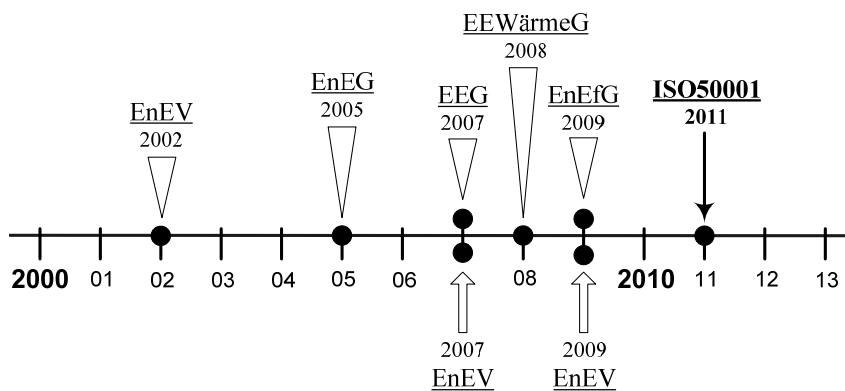


Рис. 1. Хронология принятия законов в области энергетики в Германии за последние 10 лет

Представляется также интересным и тот факт, что предприятие с внедренной и успешно сертифицированной СЭнМ может быть полностью освобождено от уплаты налогов за потребленную энергию, полученную с применением альтернативных источников генерации [7, 8].

Модель использования европейского опыта для организации и сертификации СЭнМ отечественных организаций. Несмотря на то, что законодательная база России находится на более низком уровне отно-

сительно лидеров в области энергосбережения, существует ряд законов, субсидий, программ, поддерживающих предприятия со стандартом ISO 50001 [9–11].

В ходе сравнительного анализа зарубежной и отечественной законодательной базы в области энергетики была разработана модель организации сотрудничества, обеспечивающего эффективное внедрение стандарта ISO 50001: 2011. Образованная структура обладает свойствами, характерными для сетевых компаний, и учитывает особенности государственного финансирования проектов по развитию энергоэффективности, условий работы отечественных предприятий, а также опыт ведущих зарубежных организаций, занимающихся вопросами консалтинга при построении СЭнМ (рис. 2).

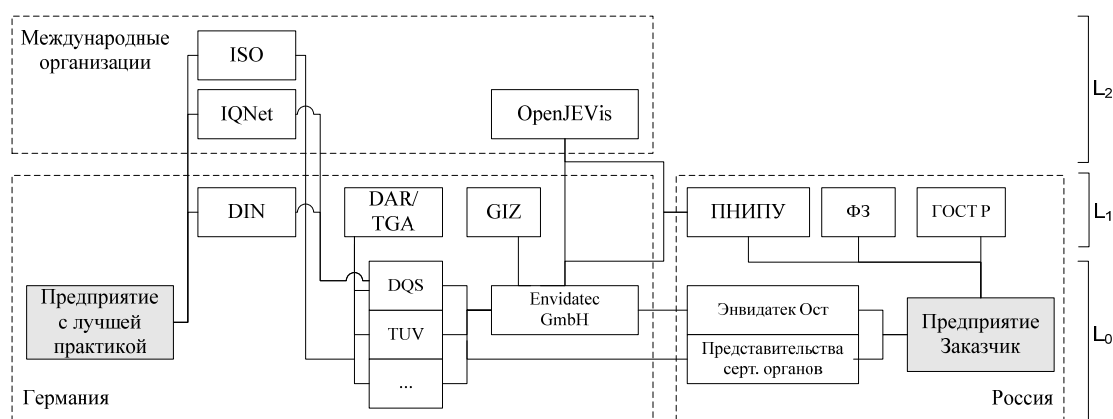


Рис. 2. Концепция внедрения СЭнМ в соответствии с ISO50001:2011 при поддержке государства

Эффективное партнерство в области внедрения СЭнМ на отечественных предприятиях предоставляет компания *Envidatec GmbH* (Гамбург, Германия), которая была организована в 2002 г. на базе центра компетенций по энергоэффективности крупного энергетического концерна E.ON. В 2004 г. компанией был создан филиал в Вене (Австрия), занимающийся научно-исследовательской на базе Венского технического университета [12].

В 2007 г. компания открывает офис *Omtec Energiemanagement GmbH* в Вене с двумя австрийскими партнерами (*BTM Holding GmbH u Ing. Emerich Csernohorsky GmbH*). А с 2009 г. *Envidatec GmbH* специализируется в области торговли квотами на выбросы CO₂ и реализацией систем энергоменеджмента в соответствии с DIN EN 16001 / ISO 50001 с международными партнерами (DIN – немецкий институт по стандартизации). Также в этом году компания открывает совместное предприятие в России ООО «Энвидатек Ост» (Екатеринбург), выполняющее функции представительства и тесно взаимодействующее с представительствами междуна-

родных сертифицирующих органов, таких как *DQS*, *Bureau Veritas*, *TÜV*, *PCBC*, *TQCSI*, *UNICERT* и др. Многие из представленных компаний входят в состав сети *IQNet* – это международная сеть сертификации – негосударственная, некоммерческая организация, созданная в соответствии с законодательством Швейцарии со штаб-квартирой в г. Берне, Швейцария. *IQNet* объединяет 37 ведущих органов по сертификации, представляющих 33 развитые в области сертификации системы управления страны. Следует отметить, что *DQS* аккредитовано в *DAR TGA* (немецкий орган по аккредитации) и входит в *IQNet*.

В соответствии со статьей 4 пункта 1 Регламента (ЕС) № 765/2008 государства-члены ЕС должны назначить с 1 января 2010 г. один национальный орган по аккредитации. С вступлением в силу Закона об аккредитации (*Akkreditierungsstelle*) от 7 августа 2009 г. была внедрена законодательная основа для создания национального органа по аккредитации в Германии.

С 2012 г. *Envidatec GmbH* выступает в качестве стратегического партнера ряда крупных университетов России и СНГ в области мониторинга энергоданных, построения систем энергоменеджмента и оценки энергоэффективности. Основным партнером выступает Пермский национальный исследовательский политехнический университет – ПНИПУ (Пермь, Россия) [13, 14].

Заключение. Стандарт ISO50001:2011 объединяет в себе опыт ведущих стран в области энергоменеджмента. В основу данного стандарта лег немецкий стандарт DIN16001, который включает в себя многолетний опыт поддержки проектов в области энергетики на уровне законодательства. Государственная поддержка в Германии выражена в развитой законодательной базе, предусматривающей налоговые льготы, субсидии, гранты, а также предписывающие ряд ограничений и рекомендаций при внедрении проектов энергосбережения. Основные тенденции государственной поддержки в Германии – развитие альтернативной энергетики, поддержка когенерации. В свою очередь в России наблюдается повышенный интерес промышленных предприятий к ISO50001, а также появляются различные субсидии, гранты, программы обучения и стажировок. Разработанная модель сотрудничества с ведущими консалтинговыми компаниями Германии, осуществляющими свою деятельность в рамках актуального законодательства, представляется перспективной для внедрения лучших мировых достижений и на отечественных предприятиях [13].

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.
2. ISO 50001:2011 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» [Electronic resource] / International Organization for Standardization. – Geneva, Switzerland, 2011. – 22 p. – URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=51297
3. Закон об энергосбережении EnEG. – URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eneg/gesamt.pdf>
4. Регламент энергосбережения EnEV!. – URL: <http://www.vbh-hoy.de/Files/rte/file/EnEV.pdf>
5. Закон об использовании регенерированной энергии EEG. – URL: http://www.folkecenter.dk/mediafiles/folkecenter/pdf/eeg_success_brochure_engl.pdf
6. Закон об использовании регенерированной энергии для теплогенерации EEWärmeG. – URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eew_rmeg/gesamt.pdf
7. Федеральный закон об ограничении выбросов в окружающую среду BImSchG. – URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf>
8. Закон об энергоэффективности EnEfG. – URL: <http://www.bakcms.de>
9. ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energsovet.ru/npb1189.html>
10. World Energy Outlook 2012 [Электронный ресурс]. – URL: www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russian.pdf
11. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р).
12. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.
13. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.
14. 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.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРА ДЛЯ ООО «ПЕРМСКИЙ КАРТОН»

Студенты гр. ИСУП-13м А.С. Ерохин, С.В. Нерослов
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.В. Кычкин
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Рассматриваются основные принципы структурной организации автоматизированной информационной системы мониторинга пара ООО «Пермский картон». Предложены структура и иерархическая информационная модель системы мониторинга в виде дерева параметров.

Ключевые слова: энергомониторинг, целлюлозно-бумажная промышленность, система сбора данных, контроллер, система энергетического менеджмента.

AUTOMATED INFORMATION SYSTEM STRUCTURE FOR THE LLC «PERM CARDBOARD» STEAM MONITORING

Students A.S. Erokhin, S.V. Neroslov
Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor A.V. Kychkin
Perm National Research Polytechnic University

This article discusses the basic principles of the automated informative system for the steam monitoring of "Perm cardboard" Company. System structure and hierarchical information model for monitoring system (in tree view) is proposed.

Keywords: energy monitoring, pulp and paper industry, data acquisition system, controller, energy management system.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) – наиболее сложная отрасль лесного комплекса, связанная с механической обработкой и химической переработкой древесины. Она включает производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них. Эта отрасль отличается:

– высокой материалоемкостью: для получения 1 т целлюлозы необходимо в среднем 5–6 м³ древесины;

– большой водоемкостью: на 1 т целлюлозы расходуется в среднем 350 м³ воды;

– значительной энергоемкостью: 1 т продукции требует в среднем 2000 кВт/ч.

Предприятия ЦБП ориентируются на лесные ресурсы вблизи крупных водных источников. В основном они размещаются на европейской части страны. Второе место по выработке бумаги занимает уральский экономический район. Производство почти целиком сконцентрировано в Пермской области: Краснокамске, Соликамске, Перми и др. Пермский край дает 15 % всего производства бумаги в России. В Перми полноправным лидером считается крупное предприятие ООО «Пермский картон».

Россия располагает четвертью мировых запасов леса. Но высокая энергоемкость отечественной продукции значительно снижает экономические эффекты от реализации. Необходим качественный учет потребления энергии и, в первую очередь, пара как одного из дорогостоящих аспектов современного предприятия. В связи с этим задача оценки потенциала энергосбережения и дальнейшее повышение энергоэффективности на предприятии ООО «Пермский картон» в части потребления пара являются актуальной и значимой. В качестве инструмента решения поставленной задачи может использоваться автоматизированная информационная система (АИС) мониторинга пара.

Формализация задачи. Для решения задачи создания АИС мониторинга пара предлагается провести анализ текущего состояния ООО «Пермский картон», определить точки и параметры измеряемых данных; проанализировать существующие системы для решения поставленной задачи и выбрать наиболее подходящую платформу АИС; разработать архитектуру АИС, провести выбор и настройку программно-технических средств.

С учетом особенностей объекта исследования и поставленных целей проекта сформулируем следующие задачи для АИС мониторинга [1, 2]:

- автоматизированный сбор данных сводного и локализованного учета показателей по использованию пара и сопутствующих ресурсов, расходуемых бумагоделательными машинами ООО «Пермский картон»;
- долгосрочный мониторинг расхода пара;
- формирование показателей удельного расхода ресурсов по отношению к выполненной работе или произведенной продукции, а также интегральных показателей расхода ресурсов;
- математический и статистический анализ влияния эксплуатационных и климатических показателей на расход ресурсов;
- мониторинг влияния организационно-технических мероприятий и энергосберегающих технических средств и технологий на потребление ресурсов.

Обзор технологии производства ООО «Пермский картон» (ПК). ПК – это предприятие полного производственного цикла – от переработки сырья и производства полуфабрикатов, до выпуска и реализации готовой продукции [3]. Производство бумаги и картона осуществляется на трех машинах:

- круглосеточная картонноделательная машина КП-06 с производительностью 60 тыс. т/год и обрезной шириной 4200 мм вырабатывает картон для плоских слоев гофрированного картона;

- плоскосеточная машина Б-21 производительностью 85 тыс. т/год и обрезной шириной 4200 мм вырабатывает полуцеллюлозную бумагу для гофрирования;

- двухсеточная Б-2300 производительностью 60 тыс. т/год и обрезной шириной 2300 мм вырабатывает макулатурный картон для плоских слоев гофрированного картона и бумагу для гофрирования [2].

Все машины снабжаются паром от ТЭЦ, принадлежащей предприятию. В том или ином виде каждой машине постоянно необходимо значительное количество пара, нагретого до высоких температур. При незапланированном останове одной из машин расход пара резко сокращается, но при этом паровые котлы продолжают какое-то время работать в прежнем режиме, что приводит к критическому повышению пара в системе, вследствие чего он сбрасывается в атмосферу для предотвращения аварии на ТЭЦ.

Также пар используется для других нужд, например, для отопления ООО «Пермский картон» в зимнее время года. Кроме самого ООО «Пермский картон» ТЭЦ снабжает теплом близлежащий жилой район.

При доставке пара по трубопроводу он частично остывает, а это дополнительные тепловые потери. Различные технические неисправности, повреждения или дефекты, например, повреждение теплоизоляции трубопровода, утечки в трубопроводе так же приводят к потере энергии. Все это в конечном итоге складывается в значительные потери и, следовательно, нерациональные денежные затраты для предприятия.

Разработка архитектуры АИС мониторинга пара. Исследуемое предприятие имеет значительное количество точек сбора данных, распределенных по производственным участкам. Все данные собираются в узлы – теплоэнергоконтроллеры ИМ2300, где хранятся определенный период и обрабатываются. Далее отправляются на локальный сервер предприятия.

Предприятие имеет систему учета пара и конденсата, внешний вид интерфейса оператора приведен на рис. 1. Несмотря на значительную детализацию измерений и сложность системы учета, она не решает задачи, сформулированные для АИС мониторинга.

Разрабатываемая АИС построена на основе платформы JEVis, широко используемой для решения типовых задач мониторинга [4]. Сервер JEVis импортирует необходимые данные через локальную сеть предприятия в ЛВС. На данном сервере запущена локальная версия системы JEVis, которая производит визуализацию и анализ полученных данных [5, 6]. Архитектура АИС мониторинга приведена на рис. 2.

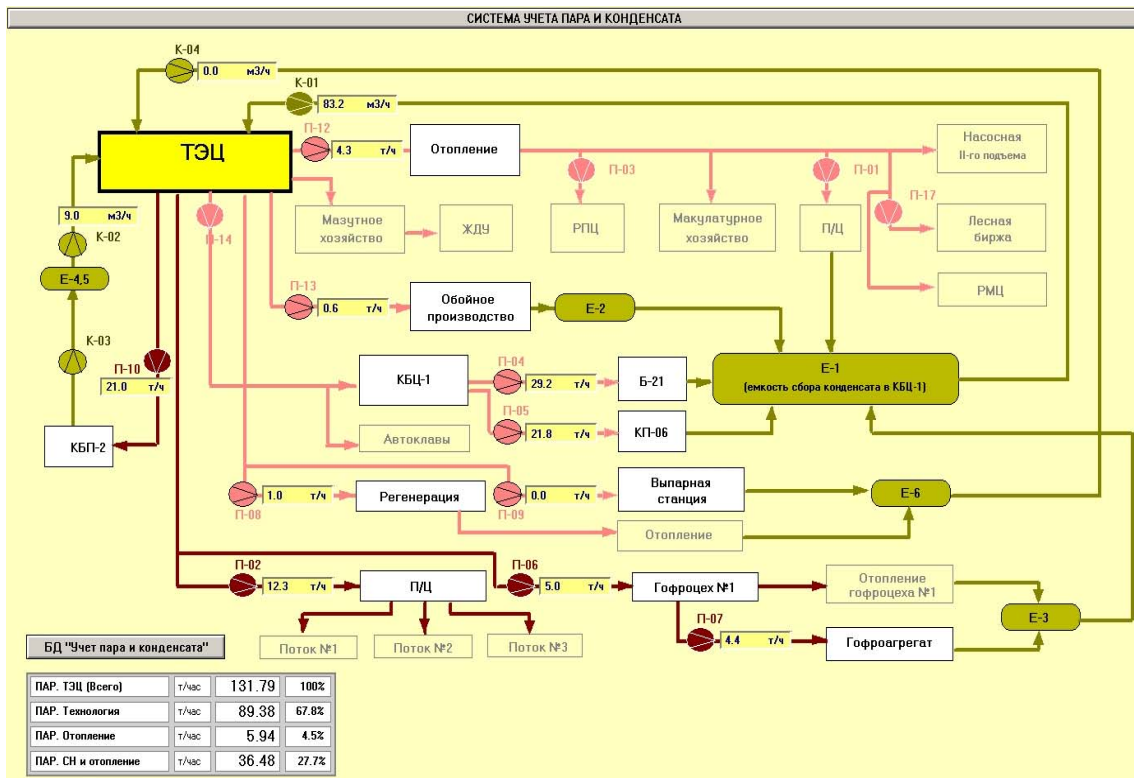


Рис. 1. Внешний вид система учета пара и конденсата

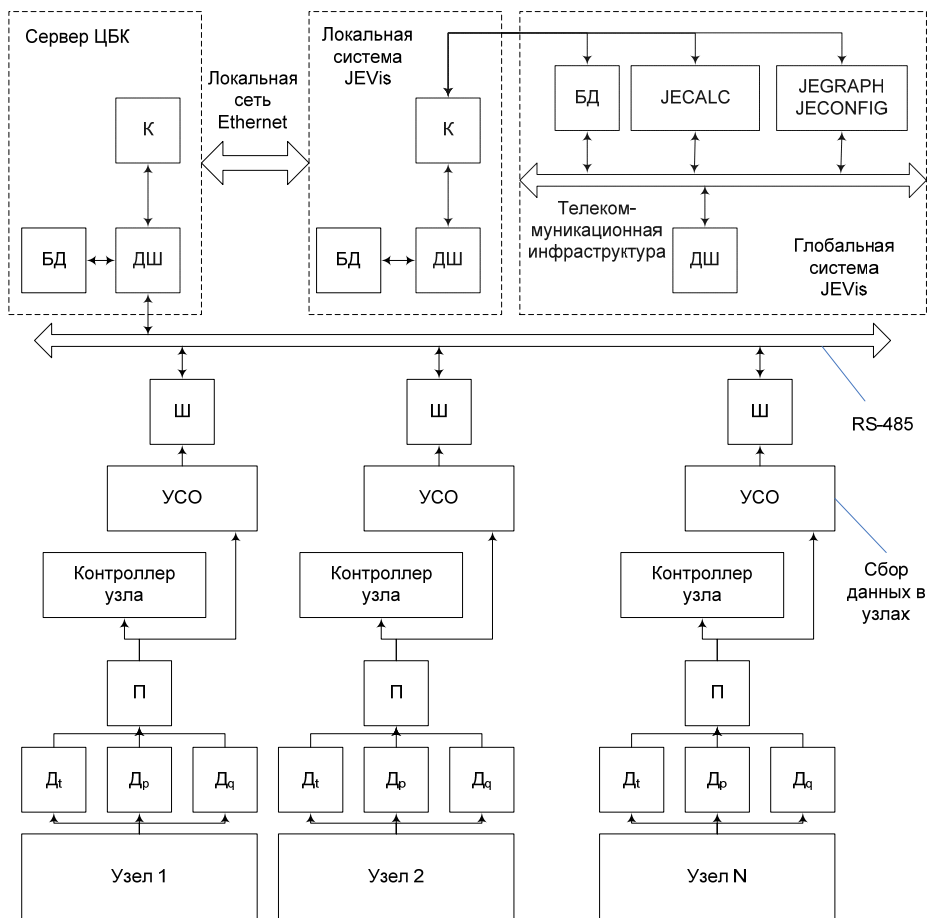


Рис. 2. Структура АИС мониторинга пара ООО «Пермский картон»

На рис. 2 обозначены: Д – датчики температуры, давления и расхода; П – преобразователи интерфейсов и физических сигналов с датчиков; УСО – устройство связи с объектом; Ш – устройство шифрования; ДШ – устройство дешифрования; К – клиент СМ.

ониторинга (см. выше).

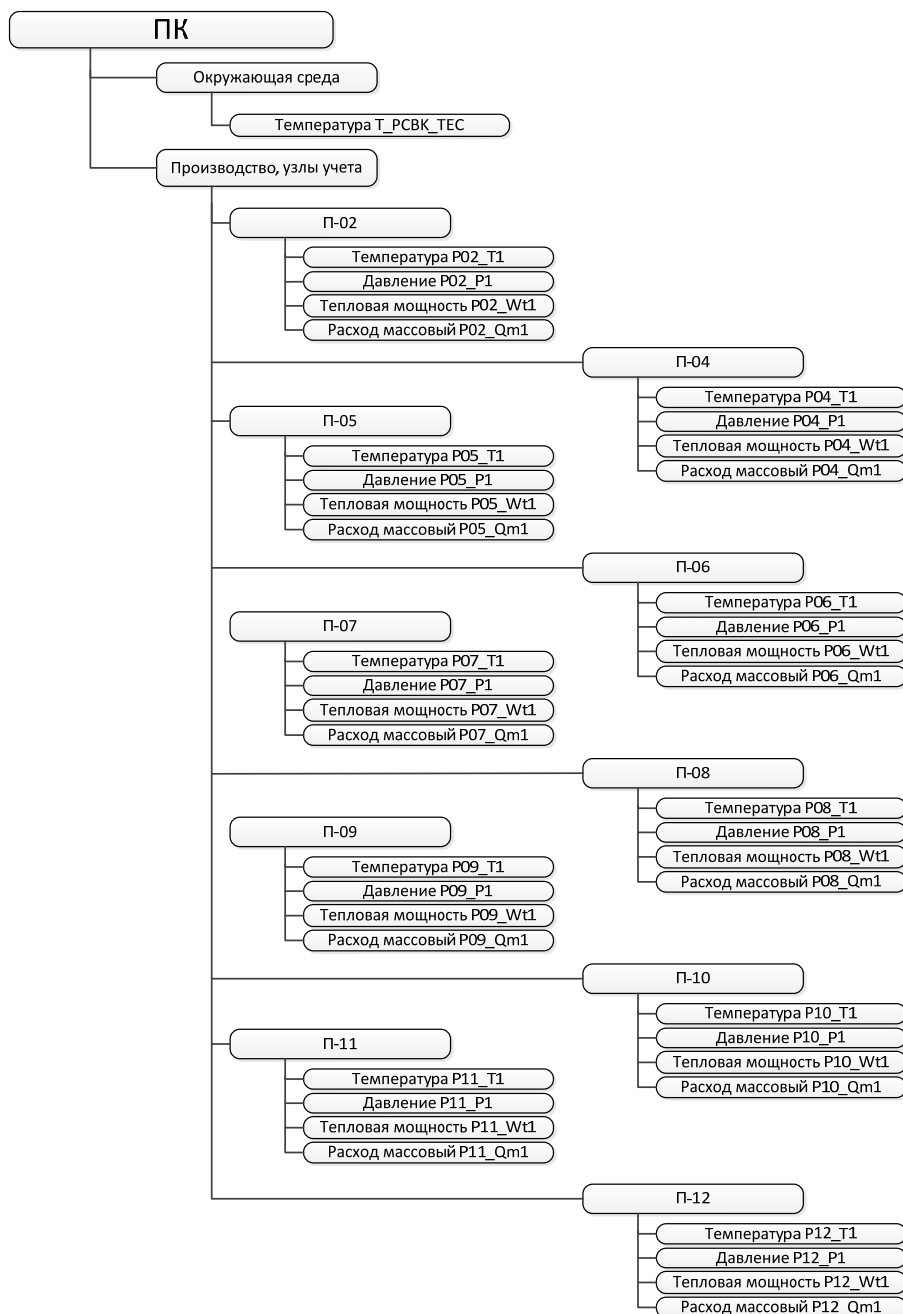


Рис. 3. Информационная модель данных АИС в виде дерева

Разработка проекта комплекса программно-технических средств АИС. На ООО «Пермский картон» имеется 10 узлов, которые периодически собирают данные по следующим параметрам: температура пара; расход массовый пара; давление пара; тепловая мощность пара. Кроме того,

фиксируются параметры окружающей среды, а именно температура воздуха и влажность. Данные по каждому из четырех параметров для каждого из 10 узлов сбора данных узла собираются и независимо записываются в системе, что позволит анализировать отдельно по типам физических данных и их взаимному сочетанию. В общем виде иерархическая информационная модель данных АИС будет представлена в пакете JEVIS в виде дерева (рис. 3).

После загрузки данных на сервер системы мониторинга их можно просмотреть и проанализировать с использованием утилиты JEGraph, которая выведет данные за любой доступный период в виде графиков, удобных для восприятия и анализа.

Библиографический список

1. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.

2. Ерохин А.С., Ланцова М.В., Нерослов С.В.. Разработка системы удаленного энергомониторинга индивидуального теплового пункта корпуса электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета на базе системы My-JEVIS. Молодой ученый: научно-техн. журнал. – 2013. – №8 (55). – С. 88–90.

3. Сайт группы компаний ПЦБК. – URL: <http://pcbк.perm.ru>

4. Сайт представителей компании Envidatec GmbH в России. – URL: www.envidatec-ost.ru

5. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.

6. Флориан С., Темичев А.А., Кычкин А.В. Эффективная конфигурация JEQTS-тестера системы мониторинга энергоданных My-JEVIS // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2012. – № 1. – С. 263–272.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОДАНЫХ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОНА

Студенты гр. ИСУП-13м А.С. Ерохин, С.В. Нерослов

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.В. Кычкин

Пермский национальный исследовательский

политехнический университет

Рассматриваются основные показатели энергобаланса предприятия (в части потребления тепловой энергии) в рамках основного производства на ООО «Пермский картон», приводятся графики расхода основных показателей.

Ключевые слова: энергомониторинг, целлюлозно-бумажная промышленность, система сбора данных, контроллер, система энергетического менеджмента.

CARDBOARD PRODUCTION ENERGY DATA VISUALIZATION

Students A.S. Erokhin, S.V. Neroslov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor A.V. Kychkin

Perm National Research Polytechnic University

This article discusses the basic indicators of energy balance of the enterprise (in terms of thermal energy consumption) in the main production of «Perm cardboard» Company, charts of core indicators is conducted.

Keywords: energy monitoring, pulp and paper industry, data acquisition system, controller, energy management system.

В последние десятилетия интенсивно развиваются и применяются различные ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие производство продукции картона с минимально возможным потреблением топлива и других источников энергии, а также сырья, воды и прочих ресурсов для технологических целей [1].

В себестоимости картона ООО «Пермский картон» значительную долю составляют затраты на тепловую энергию, в связи с чем внедрение новых технологий эффективного управления производством могло бы повысить энергоэффективность и конкурентоспособность продукции.

Известно множество методов сбережения энергии. Однако именно мониторинг и анализ потребления энергоресурсов на данный момент предоставляют хорошие перспективы для выявления потенциала энергосбережения как в финансовом плане, так и в организационном. В связи с этим анализ энергозатрат промышленного предприятия ООО «Пермский картон», направленный на экономию топливно-энергетических ресурсов с помощью системы визуализации энергоданных, представляется актуальным и практически значимым.

Энергетический баланс предприятия является наиболее важной характеристикой энергетического хозяйства предприятия. Он составляется

с целью выявления всех резервов экономии энергоресурсов. Энергобаланс производства картона – баланс переработки, транспортировки, преобразования, распределения и потребления всех видов энергетических ресурсов и энергии в производстве [2].

Поставляемые разработчиками оборудования программы чаще всего не дают возможности интеграции данных, получаемых из множества источников разных типов. Создание комплексных систем мониторинга и учета энергопотребления – это актуальная задача, которая предусматривает разработку программно-аппаратных комплексов, предназначенных для решения взаимосвязанных задач сбора, обработки и архивации данных о функционировании сложных систем, включающих различные источники и потребителей энергоресурсов.

Несмотря на многообразие существующих решений, можно выделить общие для всех функции, подходы к реализации [3, 4]. Практически все продукты включают программные компоненты для выполнения следующих функций:

- телеметрический контроль режимов работы электрических, тепловых и газовых сетей, энергетического оборудования, систем тепло- и водоснабжения;
- определение параметров энергопотребления, подлежащих контролю;
- автоматический сбор данных с приборов учета;
- оперативный контроль поступающих данных и фиксация нештатных – ситуаций по установленным критериям;
- формирование ретроспективных (исторических, или темпоральных) данных в архивах различной дискретности;
- отображение оперативных и ретроспективных данных в виде мнемосхем, графиков, таблиц, гистограмм;
- создание и ведение отчетных форм, генерация отчетов и вывод данных на печать, архивация документов;
- информационный обмен между компонентами системы;
- ретрансляция данных, организация информационного обмена со смежными системами;
- администрирование комплексов, баз данных.

Кроме того, в зависимости от их назначения, системы могут включать также компоненты для решения других задач, в частности, расчет удельных затрат энергоносителей, вывод сигналов управления технологическим оборудованием и пр. Программная часть большинства комплексов представляет собой клиент-серверные системы, включающие

программное обеспечение нескольких уровней. Можно выделить следующие компоненты:

- модуль опроса, решающий задачи сбора информации, получаемой от контроллеров, кодовых счетчиков электроэнергии и расходомеров (теплосчетчиков) и пр.;

- модуль ведения баз данных (БД), выполняющий функции доступа к БД;

- модуль оперативного контроля, отвечающий за контроль поступления, целостности получаемых данных, проверка выполнения граничных условий;

- модуль администрирования, предназначенный для решения задач администрирования, резервного копирования и восстановления БД, управления правами пользователей;

- модуль репортинга, выполняющий функции анализа данных и генерации отчетов в соответствии с формами (шаблонами), имеющимися в системе или задаваемыми пользователями;

- модуль экспорта/импорта, выполняющий функции по интеграции с внешними системами (передача/прием информации) в различных форматах (XML, XLS и пр.).

Многие системы предусматривают ручное заполнение недостающих данных, текущих и зафиксированных показаний счетчиков, состояний дискретных вводов и др. Еще одна функция – прогнозирование потребления энергоресурсов, а также аварийных ситуаций на основе архива статистики потребления и прогноза различных внешних факторов.

Система JEVis является ярким представителем систем мониторинга, отвечает всем указанным выше требованиям и ориентирована на получение и обработку различных физических данных [4]. В ее состав входят:

1. *JEGraph* – универсальный инструмент для визуализации данных и операции сравнения. Позволяет рассматривать и сравнивать кривые энергопотребления как за год, так и за каждый час с момента начала сбора информации (рис. 1).

2. *JEConfig* помогает пользователю настроить, редактировать и создавать новые реестры. Кроме того, импортирует, экспортирует и редактирует данные.

3. *JEReport* – генератор отчетов для системы JEVis.

Анализ данных, полученных в результате энергомониторинга, строится на основе графиков, построенных помощью модуля *JEChart* в приложении *JEGraph*. По графикам можно выделить промежутки времени, в которые происходят аварийные ситуации, предшествующие им события, обработать нестандартные ситуации системой. Также можно проследить взаимосвязь изменения энергопараметров от изменения режима

управления. Для постройки графика необходимо открыть приложение *JEGraph*, авторизоваться в системе *JEVis*, выбрать модуль *JEChart* и отметить те энергоданные, которые необходимо вывести в виде графиков.

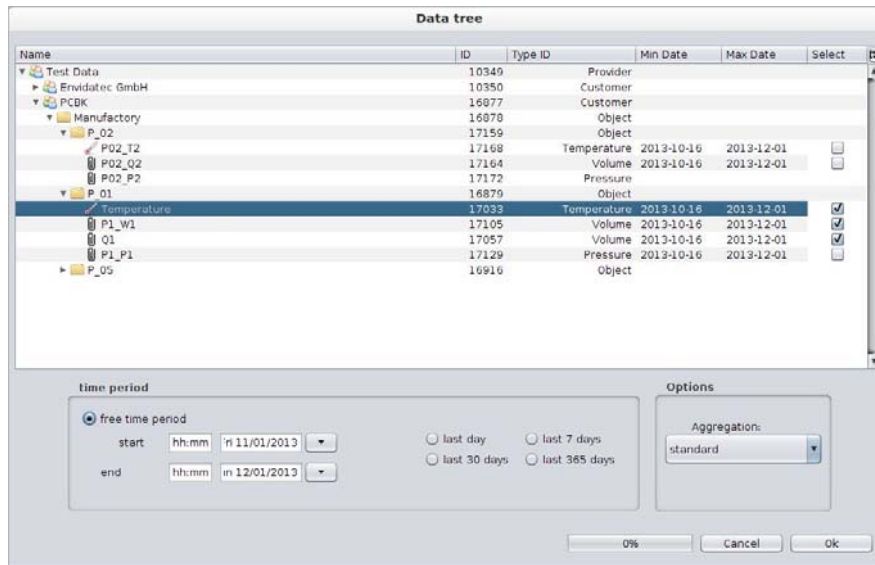


Рис. 1. Внешний вид окна выбора данных *JEChart*

Для примера были получены данные о массовом расходе пара, давлении пара, тепловой мощности пара, а также температуре пара. На рис. 2 представлен график изменения давления пара, пришедшего из ТЭЦ. Благодаря дополнительным возможностям *JEChart* возможно выделить определенный диапазон, и сразу станет видно, в какие моменты времени происходили сбои.

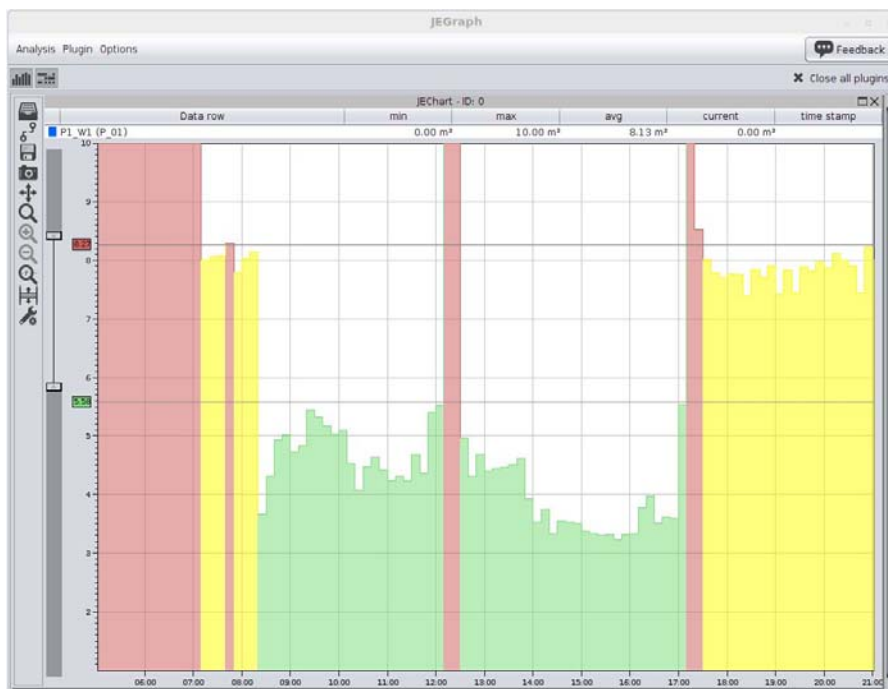


Рис. 2. Изменения давления теплоносителя, пришедшего из теплосети

Анализируя данный рисунок, мы можем отметить, что в момент времени с 9 часов утра и вплоть до 17 часов вечера тепловая мощность пара значительно упала, это связано с тем, что одна из бумагоделательных машин ушла на планово-предупредительные работы, и потребление пара резко изменилось. Также по резким скачкам (выделенным красным цветом) после падения, продолжающимся достаточно долго, можно судить о достаточной инерционности системы. Увеличение быстродействия системы позволит уменьшить эти продолжительные скачки и сделать их менее острыми.

На рис. 3 видно значительное снижение показаний, связанное, возможно, с плановым остановом ТЭЦ, это случилось, как видно из графика, 19 ноября 2013 г. Вообще, график достаточно неоднороден, резкие скачки и падения свидетельствуют о том, что система управления и подачи пара работает нестабильно. Система подачи пара достаточно инерционная и требует более внимательного исследования с последующей более точной настройкой.

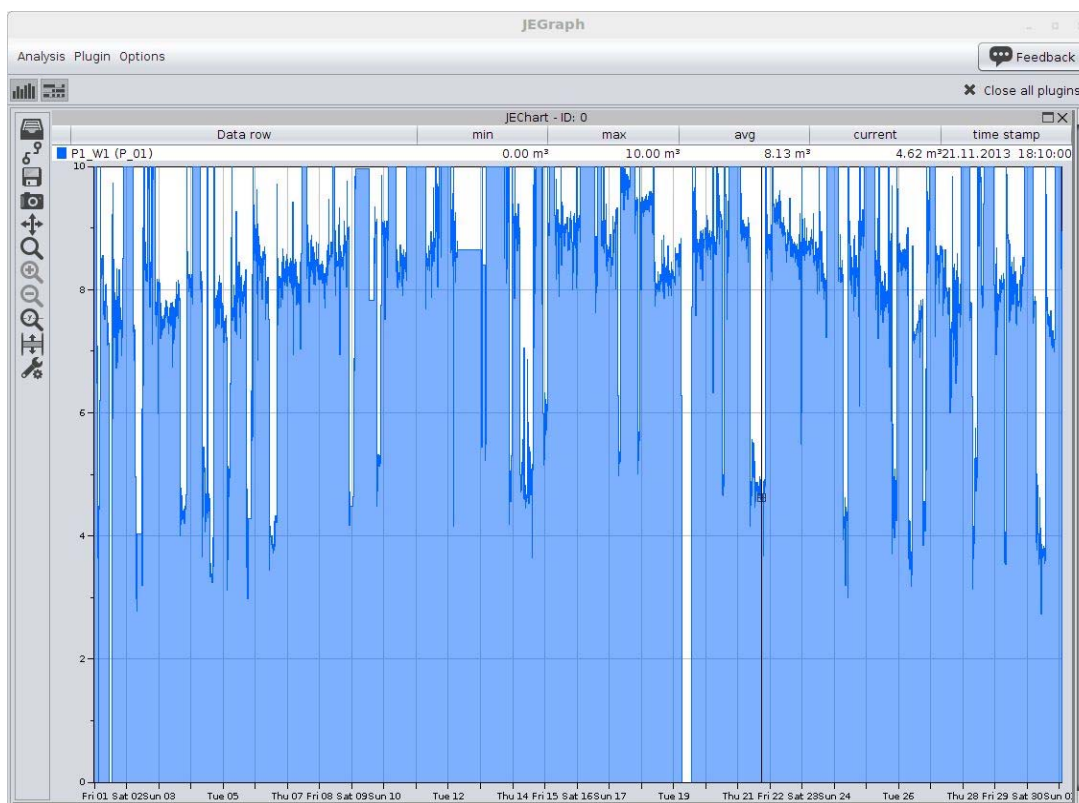


Рис. 3. Сбой подачи тепловой энергии

Цены на энергоносители постоянно возрастают, что остро ставит проблему экономного расходования энергоресурсов для промышленных предприятий, в том числе для ООО «Пермский картон». Получение данных энергобаланса предприятия является весьма актуальным и требует внимания. Создание комплексных систем визуализации энергопотребления, на примере системы JEVIS, реализует малоинвестиционные решения

по повышению энергетической эффективности за счет повышения наглядности представления потребляемой энергии и выявления режимов нерациональной работы оборудования.

Библиографический список

1. Калашников Е.А. Лядова Л.Н. Система мониторинга источников энергопотребления METAS Control // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: материалы конф. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2010. – С. 183–185.

2. Лядова Л.Н. Технология создания динамически адаптируемых информационных систем // Интеллектуальные системы (AIS'07): тр. междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. – М.: Физматлит, 2007.

3. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.

4. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНКОВ-КАЧАЛОК ПУТЕМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ОБМОТОК СТАТОРА С «ТРЕУГОЛЬНИКА» НА «ЗВЕЗДУ»

Студент гр. ЭМ-08 С.И. Осиненко

Научный руководитель – канд. техн. наук, профессор *Е.М. Огарков*
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Асинхронные двигатели станков-качалок часто работают при малой нагрузке и поэтому имеют низкие энергетические показатели. Для повышения энергоэффективности этих двигателей предлагается переключать обмотку статора с «треугольника» на «звезду».

Ключевые слова: асинхронные двигатели, энергетические показатели, повышение энергоэффективности.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF PUMPING UNITS BY SWITCHING THE STATOR WINDINGS FROM THE «TRIANGLE» ON «STAR»

Student gr. EM-08 S.I. Osinenko

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Professor *E.M. Ogarkov*
Perm National Research Polytechnic University

Induction motors pumping units often operate at low load and therefore have a low energy performance. To improve energy efficiency of these motor teley proposed switching the stator winding with the «triangle» on the «star».

Keywords: asynchronous motors, energy performance, energy efficiency.

Станки-качалки широко используются при подъеме нефти и других жидкостей из скважин. Каждый тип станка-качалки рассчитан на определенные значения производительности и глубины подъема жидкости. Номинальная мощность электродвигателей, установленных на станках-качалках, выбирается, исходя из максимальных значений глубины подъема и производительности станка.

При практическом применении станков-качалок глубина подъема жидкости из скважин очень часто оказывается в 2–4 раза меньше максимальной. Производительность станка-качалки ограничена притоком жидкости в скважину, поэтому большинство станков-качалок работают с производительностью значительно ниже максимально допустимой. Из-за уменьшения глубины подъема и снижения производительности скважины электродвигатели станков качалок очень часто работают с нагрузкой в несколько раз ниже номинальной.

На станках-качалках чаще всего используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, что обусловлено их простотой, надежностью и низкой стоимостью. При сильном снижении нагрузки на

валу асинхронного двигателя существенно снижаются его энергетические показатели (коэффициент полезного действия и коэффициент мощности). Снижение энергоэффективности электродвигателей из-за недогрузки станков-качалок ведет к значительному перерасходу электроэнергии.

Для снижения потерь электроэнергии, обусловленных низкой нагрузкой на валу, можно заменить штатный двигатель на двигатель меньшей мощности. Это позволяет несколько снизить потери электроэнергии, но требуются весьма значительные затраты на приобретение, транспортировку и установку нового двигателя. Кроме того, при уменьшении номинальной мощности двигателя пропорционально снижается его пусковой момент, что осложняет запуск станка-качалки. Следовательно, установка двигателя меньшей мощности ограничивается условиями пуска и экономически малоэффективна.

Достаточно эффективным и дешевым способом улучшения энергетических показателей малонагруженных асинхронных двигателей станков-качалок является переключение фаз статора штатного двигателя на более низкое напряжение. Практически это наиболее просто делать путем изменения схемы включения фаз обмотки статора с «треугольника» на «звезду». При тяжелых пусках и больших нагрузках (больше половины номинальной) фазы обмотки статора следует включать по схеме «треугольник». При этом напряжение фазы двигателя будет равно линейному напряжению сети (380 В). При нагрузках ниже половины номинальной фазы обмотки статора следует переключать на схему «звезда». В этом случае напряжение фазы двигателя снизится до 220 В.

При переключении фаз обмотки статора с «треугольника» на «звезду» фазные напряжения снижаются в $\sqrt{3}$ раз. Снижение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз ведет к такому же снижению магнитного потока, а намагничивающий ток снижается в 2 раза* [1]. При уменьшении магнитного потока в $\sqrt{3}$ раз потери энергии в стали снижаются в 3 раза. Уменьшение намагничивающего тока в 2 раза ведет к снижению потерь в обмотке статора двигателя и в питающей сети. Это означает, что переключение обмотки статора с «треугольника» на «звезду» при низких нагрузках на валу дает значительное снижение потерь электроэнергии не только в электродвигателе, но и в питающей сети. Следует отметить, что переключение с «треугольника» на «звезду» дает экономию электроэнергии больше, чем установка двигателя меньшей мощности.

* Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 171 с.

Для количественной оценки энергоэффективности электродвигателя станка-качалки СК-8 были рассчитаны три варианта. В первом варианте рассматривался штатный асинхронный двигатель 4AP200L6У3 номинальной мощностью 30 кВт при включении обмотки статора по схеме «треугольник». Во втором варианте обмотка статора штатного двигателя включалась по схеме «звезда». В третьем варианте использовался асинхронный двигатель 4AP160L6У3 номинальной мощностью 15 кВт. Во всех вариантах использовались электродвигатели, имеющие одинаковую синхронную частоту, равную 1000 об/мин, и включались они в трехфазную сеть с линейным напряжением 380 В.

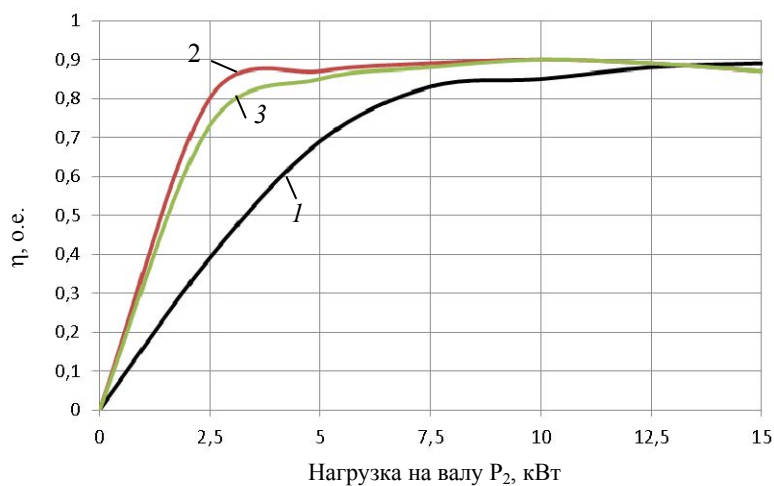


Рис. 1. Зависимость КПД двигателя от нагрузки на валу

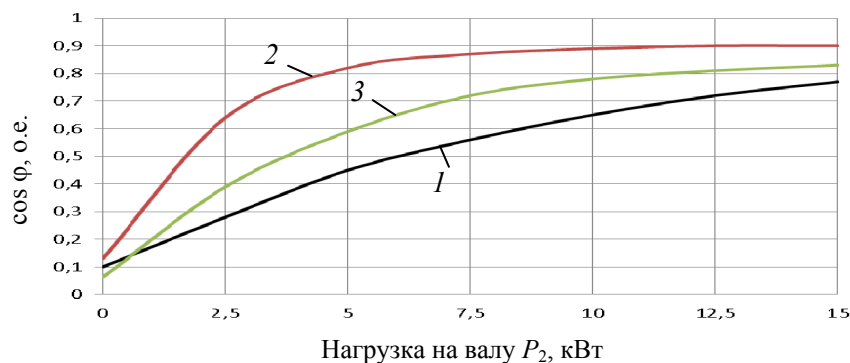


Рис. 2. Зависимость коэффициента мощности двигателя от нагрузки на валу

На рис. 1, 2 показаны зависимости КПД и коэффициента мощности двигателя от нагрузки на валу двигателя для всех трех вариантов. Из рис. 1 видно, что по коэффициенту полезного действия вариант № 2 имеет преимущество перед другими вариантами. По рис. 2 видно, что коэффициент мощности имеет максимальное значение в варианте № 2, то есть при малой загрузке штатного двигателя станка-качалки не следует его

заменять двигателем меньшей мощности. Гораздо лучше переключить обмотку штатного двигателя с «треугольника» на «звезду». Это выгоднее энергетически и не требует дополнительных затрат на приобретение и установку нового двигателя. Кроме того, при необходимости пуск двигателя может осуществляться по схеме «треугольник», а длительная работа по схеме «звезда».

Расчет расхода электроэнергии по всем трем вариантам показал, что максимальная экономия энергии происходит во втором варианте при переключении «треугольник»–«звезда». Экономия электроэнергии при переключении «треугольник»–«звезда», сильно зависит от величины нагрузки на валу двигателя. Данные по годовой экономии электроэнергии при различной нагрузке на валу двигателя 4AP200L6У3 приведены ниже, где P_2 – мощность на валу в % от номинальной; W_{Γ} – годовая экономия электроэнергии.

$P_2, \%$	0	16	33	50
$W_{\Gamma}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	20 160	25 696	17 824	5556

Здесь также приведены данные по годовой экономии электроэнергии при переключении двигателя 4AP200L6У3 с «треугольника» на «звезду» для различных значений P_2 (нагрузки на валу).

Из данных видно, что при снижении нагрузки на валу до 5 кВт экономия электроэнергии возрастет до 25 000 кВт·ч в год. В каждом конкретном случае стоимость сэкономленной за год энергии легко подсчитать, умножив годовую экономию электроэнергии W_{Γ} на цену 1 кВт·ч. При нагрузках более 50 % двигатель необходимо включать по схеме «треугольник».

Секция 4
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБА И ОНТОЛОГИЙ

Аспирант Р.А. Сергиенко

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор *Ф.А. Попов*

Бийский технологический институт

Семантический веб – это направление развития всемирной паутины, целью которого является представление информации в виде, пригодном для машинной обработки. Разработка общего инструмента с применением методологии семантического веба для построения информационного пространства образовательного учреждения является весьма актуальной темой. В связи с внедрением крупномасштабных и многопользовательских систем увеличивается объем разнородной информации и появляется информационный мусор. Поэтому необходимы разработка эффективного, понятного и наглядного представления для отображения нужной информации и разработка интеллектуальной поисковой системы внутри организации на основе семантического веба.

Ключевые слова: всемирная паутина; семантика; семантический веб; онтологии; информационная система; информационное пространство, образовательное учреждение, база данных; база знаний.

DEVELOPMENT OF A UNIVERSITY INFORMATION AREA USING THE SEMANTIC WEB AND ONTOLOGYS

Graduate Student R.A. Sergienko

Scientific adviser – Doctor of Technical Sciences, Professor *F.A. Popov*

Biysk Institute of Technology

Semantic Web is a line of the World Wide Web development, which purpose is to provide information in suitable for machine processing form.

Keywords: the world wide web; semantics; semantic web; ontologies information system; information space, educational institutions, database, knowledge base.

Время универсального Интернета заканчивается. На смену едва оформившемуся термину веб 2.0 уже приходит другой – веб 3.0, или же просто «семантический веб». В настоящее время происходит постоянное увеличение объема информации, которое наблюдается как в глобальных сетях (Интернет), так и в локальных сетях (на уровне организаций, образовательных учреждений). Увеличение объема информации происходит в огромных количествах, при этом в число информации попадает большое количество «мусора», повторяющихся данных, информационного шума (рекламы, баннеры, вирусы и т.п.). В связи с этим появляются новые требования к средствам автоматической обработки информации и, соответственно, к архитектуре, алгоритмическому и программному обеспечению информационных систем [2].

Удовлетворение этих требований связано с решением проблем, которые в рамках традиционных баз данных не решались.

С активным созданием и внедрением крупномасштабных, многопользовательских информационных систем, которые охватывают большие предметные области, требуются развитые средства для структуризации. Необходимы проработка понятийной структуры предметной области, учитывающая словарь терминов в определенной профессиональной сфере, выделение разных уровней абстракции в понятийной структуре.

Актуальна проблема извлечения неявных знаний из хранящихся данных, следовательно, возрастают требования к запросам, обеспечивающие доступ разнообразных пользователей к данным.

Проблема извлечения данных, с одной стороны, производится поиском по ключевым словам, но в данный момент это является неудовлетворительным методом, так как он не обеспечивает ни полноты, ни релевантности ответов. Словари терминов для разных групп пользователей никогда не бывают полностью согласованы, также пользователю нужны данные, связанные не только с термином, явно указанным в запросе, но и с терминами, близкими по смыслу. Для обеспечения таких требований необходимо использование семантических методов для обработки запросов [2, 3].

С другой стороны, под неявным знанием предполагаются утверждения, которые в системе в явном виде и не существуют, но могут быть выделены из имеющихся утверждений средствами логического вывода.

Для работы с большими хранилищами данных нужна автоматизация обработки текстовой и графической информации. Необходимость в обработке текстов на естественных языках привела к развитию и последующему использованию методов семантического анализа и семантического веба. Общее определение понятия «семантика» означает изучение значений или изучение единиц языка. Семантический веб – это направление развития всемирной паутины, целью которого является представление информации в виде, пригодном для машинной обработки [4, 5].

В обычной «паутине», основанной на HTML-страницах, информация заложена в тексте страниц и извлекается человеком с помощью интернет браузера. Семантическая паутина предполагает запись информации в виде семантической сети с помощью онтологий.

Онтология – это попытка всеобъемлющей и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (теоремы, ограничения), принятые в этой области. Онтологии используются в процессе программирования как форма представления знаний о реальном мире, его части (конкретной проблемной области) [1, 2].

В число семантических технологий веб входят:

1. Глобальная схема имен *URI*. Это идентификатор веб, т.е. адреса, начинающиеся с *http* или *ftp*. Фактически Интернет является такой структурой. Любой объект, схема, модель данных семантической сети должны иметь собственный уникальный адрес (*URI*).

2. Стандартный синтаксис описания данных *RDF*. Это спецификация, которая определяет модель представления мира и синтаксис для сериализации и обмена этой модели. Например *XML*-сериализация не является единственной.

3. Стандартные способы описания свойств данных – схемы *RDF*.

4. Стандартные способы описания связей между объектами данных – онтологии, определяемые с помощью онтологического языка. Для описания онтологий, доступных через веб, созданы языки *RDFS (RDF Shema)* и *OWL (Ontology Web Language)*.

Семантические технологии веб позволяют выделить полезную информацию из баз данных, причем разрозненных баз данных, из содержания документов, кодов приложений, отдельных определенных форматов данных, опираясь на открытые стандарты [5, 6].

В данном подходе, если компьютер понимает семантику документа, то это не значит, что он обычным образом интерпретирует набор символов в документе. Это означает, что компьютер понимает смысл документа.

Семантические технологии веб создают общие границы, с помощью которых можно осуществлять обмен данными и их многократное использование в различных приложениях, корпорациях, образовательных учреждениях. Семантические технологии веб – это эффективный способ представления данных в корпоративных, локальных сетях и Интернете. Структура схожа с базой данных, которая связана в глобальном масштабе с содержанием документов в Интернете. И эта связь осуществляется понятным способом для компьютера.

Разработка общего инструмента с применением методологии семантического веба для построения информационного пространства образовательного учреждения или организации является весьма актуальной и проблемной темой в связи с внедрением крупномасштабных и многопользовательских систем и, как следствие, огромного увеличения объема разнородной информации и появления информационного мусора.

Поэтому необходимы разработка высокоэффективного и понятного наглядного представления для отображения именно той важной и нужной информации для определенной группы пользователей и разработка интеллектуальной поисковой системы внутри организации на основе

семантического веба. При выполнении запросов в такой системе для каждой группы пользователей на основе анализа предыдущих запросов, а также предпочтений, документов, файлов, с которыми эти группы работают, производится вывод релевантных и полностью удовлетворяющих запросам.

Библиографический список

1. Попов Ф.А., Бубарева О.А., Ануфриева Н.Ю. Использование онтологий с целью интеграции данных в рамках автоматизированных информационных систем вузов // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – №12 (Ч. 1). – С. 85–88.

2. Информационные интеллектуальные сети и Семантический Веб [Электронный ресурс] // Веб-узел habrahabr.ru. – URL: <http://habrahabr.ru/post/116574/>

3. Горбенко О.Н., Пивоварова Ю.А. О семантике в Web // *Россия-ЕС. Инженерия знаний и технологии семантического веб-анализа: материалы Междунар. молодеж. науч. школы в рамках фестиваля науки*; Воронеж, 18–19 сентября 2012 г. / Воронеж. ин-т высоких технологий. – Воронеж, 2012. – С. 81–82.

4. Нгуен Чыонг Тхань Хиеу. Анализ возможностей использования онтологий // *Россия-ЕС. Инженерия знаний и технологии семантического веб-анализа: материалы Междунар. молодеж. науч. школы в рамках фестиваля науки*; Воронеж, 18–19 сентября 2012 г. / Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2012. – С. 84–85.

5. Wanitcha Uomjank. Об использовании онтологий в информационных системах // *Россия-ЕС. Инженерия знаний и технологии семантического веб-анализа: материалы Междунар. молодеж. науч. школы в рамках фестиваля науки*; Воронеж, 18–19 сентября 2012 г. / Воронеж. ин-т высоких технологий. – Воронеж, 2012. – С. 89–90.

6. Захарикова Е.Б. Вопросы интеграции информации на основе семантических подходов // *Россия-ЕС. Инженерия знаний и технологии семантического веб-анализа: материалы Междунар. молодеж. науч. школы в рамках фестиваля науки*; Воронеж, 18–19 сентября 2012 г. / Пензен. гос. техн. ун-т. – Пенза, 2012. – С. 86–87.

7. Свирдов В.И., Комков Д.В. Проблемы эффективного поиска с использованием онтологий // *Россия-ЕС. Инженерия знаний и технологии семантического веб анализа: материалы Междунар. молодеж. науч. школы в рамках фестиваля науки*; Воронеж, 18–19 сентября 2012 г. / Воронеж. ин-т высоких технологий. – Воронеж, 2012. – С. 47–48.

СОВРЕМЕННЫЕ СЕМЕЙСТВА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ FPGA ФИРМЫ ALTERA

Канд. техн. наук, старший преподаватель А.В. Греков
Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

Предлагается анализ параметров актуальных семейств программируемых логических интегральных схем одного из ведущих мировых производителей, представленных на российском рынке. **Ключевые слова:** программируемые логические интегральные схемы; энергопотребление; сверхбольшие интегральные схемы программируемой логики; логическая емкость.

MODERN FAMILIES OF PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CIRCUITS FPGA BY ALTERA

Ph.D. in Technical Sciences, senior lecturer A.V. Grekov
Perm Military Institute of Internal Troops of the Ministry
of Internal Affairs of the Russian Federation

Offers an analysis of the parameters of actual families of programmable logic integrated circuit of one of the world's leading manufacturers in the Russian market.

Keywords: programmable logic integrated circuits; power consumption; large scale integrated circuit of programmable logic; logic capacity.

Сегодня одним из динамично развивающихся направлений цифровой схемотехники являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС, англ. programmable logic devices – PLD) – это интегральные микросхемы, содержащие программируемую матрицу элементов логического И (конъюнкторов), программируемую или фиксируемую матрицу элементов логического ИЛИ (дизъюнкторов) и так называемые макроячейки (в зарубежной литературе – macrocells). Макроячейки, как правило, включают в себя триггер, тристабильный буфер и вентиль, исключающие ИЛИ, управляющий уровнем активности сигнала. Размерность матриц и конфигурация макроячеек определяют степень интеграции и логическую мощность ПЛИС [2].

В ПЛИС заложены возможности, которые позволяют превратить ее в ИС с любой функцией цифровой логики.

В настоящее время имеются следующие основные типы ПЛИС: FPGA (Field Programmable Gate Array), CPLD (Complex Programmable Logic Device), FLEX (Flexible Logic Element MatriX – матрица элементов гибкой логики), SOC (System On Chip). В разработке ПЛИС участвуют десятки фирм, среди которых *Actel, Altera, AMD, Atmel, Brilliance, Chipcon, Fujitsu, Silicon Laboratories, Xilinx* и другие [1].

Анализ продукции производителей ПЛИС [3, 4] позволяет отдать предпочтение фирме *Altera*, выпускающей качественные и более дешевые микросхемы программируемой логики с поддержкой мощной бесплатной САПР Quartus II Web Edition.

Фирма *Altera Corporation* (101 Innovation Drive, San Jose, CA 95134, USA, www.altera.com) была основана в июне 1983 г. В настоящее время является одним из мировых лидеров на рынке микросхем программируемой логики, средств разработки для них и готовых решений, позволяющих значительно сократить время разработки [5, 6]. При изготовлении ПЛИС фирмой *Altera* используются 3 основные технологии:

- SRAM (ПЛИС с архитектурой FPGA);
- FLASH (ПЛИС с архитектурой CPLD);
- EEPROM (ПЛИС с архитектурой CPLD).

Altera предлагает разработчикам широкий спектр микросхем программируемой логики – от самых малых (логической емкостью 32 макро-ячейки) до самых больших (логической емкостью около 1 млн эквивалентных логических элементов). Требованиям современных комплексных систем удовлетворяют микросхемы новых семейств корпорации *Altera*:

- микросхемы с высокой логической емкостью серии Stratix;
- микросхемы среднего диапазона серии Arria;
- недорогие микросхемы серии Cyclone.

В состав семейств Arria V и Cyclone V входят устройства класса система-на-кристалле со встроенными аппаратными процессорными ядрами ARM Cortex A9. Современные микросхемы фирмы *Altera* выпускаются на мощностях тайваньской фирмы TSMC.

Семейства сверхбольших интегральных схем программируемой логики (СБИС ПЛ) серии Stratix. Высокопроизводительные СБИС ПЛ серии Stratix являются основой для создания современного электронного оборудования и позволяют выпускать его на рынок в минимальные сроки и с минимальными рисками. Благодаря сочетанию большой логической емкости, высокой производительности и широкого спектра аппаратных возможностей СБИС ПЛ серии Stratix позволяют интегрировать в проекте множество различных функций и обеспечить максимальную пропускную способность создаваемой системы.

28-нм семейство СБИС ПЛ Stratix V отличается высоким быстродействием, высокой степенью интеграции и сниженным на 30 % по сравнению со СБИС ПЛ предыдущего поколения суммарным энергопотреблением. Это семейство включает микросхемы самой большой на сегодняшний день логической емкости (~1 млн эквивалентных логических

элементов). Микросхемы этого семейства содержат аппаратные IP-блоки (контроллеры интерфейсов и внешней памяти), DSP-блоки (аппаратных блоков цифровой обработки сигналов) переменной точности и поддерживают режим частичной реконфигурации.

Семейство Stratix V состоит из следующих подсемейств:

– Stratix V E – не содержит трансиверов и аппаратных блоков PCIe, ориентировано на задачи прототипирования заказных цифровых микросхем;

– Stratix V GX – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 14.1 Гбит/с;

– Stratix V GS – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 14.1 Гбит/с и ориентировано на решение задач ЦОС;

– Stratix V GT – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 28 Гбит/с.

Семейства СБИС ПЛ серии Arria. СБИС ПЛ серии Arria предназначены для создания телекоммуникационных и встраиваемых приложений, имеющих повышенные требования по стоимости и энергопотреблению. Микросхемы серии **Arria** имеют богатый набор функций: встроенные блоки памяти, блоки цифровой обработки сигналов и аппаратные трансиверы со средствами обеспечения целостности сигналов, обеспечивающие максимальную скорость передачи данных до 10,3125 Гбит/с.

Кроме того, новое семейство СБИС ПЛ Arria V включает в себя микросхемы, содержащие аппаратный процессорный блок на основе двухъядерного процессорного ядра ARM Cortex A9.

Отличиями 28-нм СБИС ПЛ семейства Arria V являются самая низкая в отрасли стоимость эквивалентного вентиля и самое низкое среди микросхем среднего диапазона энергопотребление. Это семейство имеет в своем составе микросхемы, которые содержат такие инновационные решения, как аппаратный процессорный блок, основой которого является двухъядерный процессор ARM Cortex A9. СБИС ПЛ семейства Arria V содержат, помимо этого, высокоскоростные трансиверы, аппаратные IP-блоки (контроллер PCI Express и контроллер внешней синхронной памяти), блоки цифровой обработки сигналов с переменной точностью, блоки встроенного ОЗУ M10K и блоки тактирования.

Семейство Arria V состоит из следующих подсемейств:

– Arria V GX – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 6,375 Гбит/с;

– Arria V GT – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 10,3125 Гбит/с;

– Arria V SX – содержит аппаратный процессорный блок и встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 6,375 Гбит/с;

– Arria V ST– содержит аппаратный процессорный блок и встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 10,3125 Гбит/с.

Семейства СБИС ПЛ серии Cyclone. Недорогие СБИС ПЛ серии Cyclone предназначены для использования в различных приложениях, где ключевыми параметрами являются низкое энергопотребление и низкая себестоимость. Каждое новое семейство СБИС ПЛ серии Cyclone создавалось с учетом новых требований рынка, таких как повышение степени интеграции, увеличение производительности и снижение энергопотребления.

Новое семейство СБИС ПЛ Cyclone V включает в себя микросхемы, содержащие аппаратный процессорный блок на основе двухъядерного процессорного ядра ARM Cortex A9.

Основой массива программируемой логики 28-нм семейства СБИС ПЛ Cyclone V, в отличие от других семейств серии Cyclone, являются адаптивные логические модули (также, как в сериях Arria и Stratix). Кроме этого микросхемы семейства Cyclone V содержат блоки цифровой обработки сигналов переменной точности, блоки встроенного ОЗУ, высокоскоростные приемопередатчики, аппаратные IP-блоки (контроллеры PCI Express и контроллеры внешней синхронной памяти) и средства защиты проекта от несанкционированного копирования и модификации.

Семейство Cyclone V состоит из следующих подсемейств:

– Cyclone V E – не содержит встроенных трансиверов и аппаратных контроллеров PCI Express;

– Cyclone V GX – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 3,125 Гбит/с;

– Cyclone V GT – содержит встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 5 Гбит/с;

– Cyclone V SE – содержит аппаратный процессорный блок (одно- или двухъядерный);

– Cyclone V SX – содержит двухъядерный аппаратный процессорный блок и встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 3,125 Гбит/с;

– Cyclone V ST– содержит двухъядерный аппаратный процессорный блок и встроенные трансиверы с максимальной скоростью передачи данных 5 Гбит/с.

Основные параметры рассматриваемых семейств приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Ресурсы современных ПЛИС FPGA фирмы *Altera*

Параметр	Stratix V GT		Arria V ST		Cyclone V ST	
	5SGTC5	5SGTC7	5ASTD3	5ASTD5	5CSTD5	5CSTD6
Напряжение питания ядра, В	0.85/0.9	0.85/0.9	1.1	1.1	1.1	1.1
Кол-во адаптивных логических элементов (модулей)	160 400	234 720	132 075	174 340	32 075	41 509
Кол-во эквивалентных логических элементов, тысяч	425	622	350	462	85	110
Кол-во триггеров	641 600	938 880	528 300	697 360	128 300	166 036
Кол-во блоков встроенного ОЗУ	2 304 (M20K)	2 560 (M20K)	1 729 (M10K)	2 282 (M10K)	397 (M10K)	514 (M10K)
Объем встроенного ОЗУ	45 M20K (Мбит)	50 M20K (Мбит)	17 288 M10K (Мбит)	22 820 M10K (Мбит)	3 972 (кбит)	5 140 (кбит)
Объем памяти MLAB	4.9 (Мбит)	7.16 (Мбит)	2 014 (кбит)	2 658 (кбит)	480 (кбит)	621 (кбит)
Кол-во DSP-блоков переменной точности	256	256	809	1 068	87	112
Кол-во умножителей 18×18	512	512	1 618	2 186	174	224

Таблица 2

Архитектурные особенности современных ПЛИС

Параметр	Stratix V GT		Arria V ST		Cyclone V ST	
	5SGTC5	5SGTC7	5ASTD3	5ASTD5	5CSTD5	5CSTD6
Аппаратный процессорный блок (ARM Cortex-A9)			Двухъядерный		Двухъядерный	
Кол-во глобальных тактовых линий	16		16		16	
Кол-во региональных тактовых линий	92					
Кол-во блоков PLL массива программируемой логики			10	14	6	6
Кол-во блоков PLL аппаратного процессорного блока			3	3	3	3
Защита проекта от копирования	Есть		Есть		Есть	

Типы корпусов и количество линий ввода-вывода современных ПЛИС FPGA фирмы Altera

Тип корпуса	Stratix V					Arria V SX/ST			Cyclone V SE/SX/ST		
	FBGA (F)					FBGA (F)			UBGA (U)	FBGA (F)	
Кол-во выводов	780	1152	1517	1760	1932	896	1152	1517	484	672	896
Габариты корпуса (мм)	29×29	35×35	40×40	42,5×42,5	45×45	31×31	35×35	40×40	19×19	23×23	31×31
Расстояние между соседними выводами (мм)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0

Средства поддержки разработок *Altera* содержат в себе все элементы потока проектирования – от описания проекта до временного анализа полученных результатов и загрузки конфигурации в целевую микросхему. При создании средств поддержки разработок *Altera* концентрируется на использовании стандартных языков описания аппаратуры (VHDL, Verilog, SystemVerilog). В настоящее время *Altera* ведет активную работу по внедрению стандарта OpenCL в процесс разработки устройств на основе программируемой логики. Мощная и удобная в использовании среда разработки Quartus II позволяет интегрировать в поток проектирования программное обеспечение от мировых лидеров – *Mentor Graphics*, *Synopsys* и *Cadence*. Такие функции САПР Quartus II, как инкрементальная компиляция, временной анализатор TimeQuest и среда системной интеграции Qsys, позволяют существенно ускорить процесс разработки нового оборудования.

Разработчикам доступны широкий спектр IP-функций (в том числе синтезируемое процессорное ядро Nios II) и пакет DSP Builder, предназначенный для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов на базе микросхем программируемой логики корпорации *Altera*.

Для более быстрого знакомства с новыми микросхемами имеются готовые отладочные наборы. Большой выбор отладочных наборов и плат расширения для них предлагает официальный партнер *Altera* – тайваньская фирма *Terasic*.

Для загрузки конфигурации в микросхемы программируемой логики и отладки разрабатываемых проектов используются различные загрузочные кабели, работающие через стандартные компьютерные интерфейсы Ethernet, USB и LPT.

Библиографический список

1. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 800 с.
2. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.: ЭКОМ, 2002.
3. Греков А.В., Набатов А.В. Анализ существующих программируемых логических интегральных схем // Вклад молодых ученых в развитие АПК: сб. науч. тр. LXVI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов; 10–12 апреля 2007 г. Вып. XVII. Ч. 2 / Перм. гос. сельскохоз. акад. – Пермь, 2007. – С. 300–305.
4. Тюрин С.Ф., Греков А.В., Громов О.А. Анализ моделей отказов программируемых логических интегральных схем // Автоматизированные системы управления и информационные технологии: материалы краевой науч.-техн. конф.; май 2011 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – С. 74–79.
5. Представительство «Altera» в России [Электронный ресурс]. – URL: www.altera.ru
6. Официальный сайт фирмы «Altera» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.altera.com>

ВЛИЯНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ИХ ПРИЕМА В МНОГОЛУЧЕВЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

Курсант 3972 учебной группы В.О. Коломиец

Научный руководитель – канд. тех. наук В.В. Сазонов

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Анализ характеристик современных средств коротковолновой связи показывает, что требования к показателям качества выполняются только в каналах связи с одним дискретным лучом и релеевскими замираниями. В других же случаях имеется необходимость использовать схему с некогерентной обработкой и квадратичным сложением принимаемых ортогональных в усиленном смысле сигналов.

Ключевые слова: помехоустойчивость, корреляционные характеристики сигналов.

INFLUENCE OF CORRELATION CHARACTERISTICS OF BROADBAND SIGNALS ON NOISE STABILITY THEIR RECEPTION IN MULTIBEAM COMMUNICATION CHANNELS

Cadet Training Group 3972 V.O. Kolomic

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences V.V. Sazonov

Military Academy of Telecommunications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budennogo, St. Petersburg

The analysis of characteristics of modern means of short-wave communication shows that requirements to indicators of quality are fulfilled only in communication channels with one discrete beam and a Rayleigh fading. In other cases there is a need to use the scheme with incoherent processing and square addition of accepted orthogonal signals in the strengthened sense.

Keywords: noise stability, correlation characteristics of signals

Наиболее актуальной проблемой в современных радиосистемах связи является проблема повышения производительности. Повышение производительности всегда связано со снижением энергетика и все возрастающим влиянием условий распространения. Одним из наиболее сложных по распространению радиоволн является коротковолновый (КВ) канал связи (КС), где появляется дискретное многолучевое распространение сигналов с релеевскими замираниями в точке приема. В таких КВ КС целесообразно вместо обычной схемы некогерентной (НК) обработки использовать схему НК квадратичного сложения широкополосных (ШПС) или ортогональных в усиленном смысле (ОУС) сигналов, проходящих по лучам.

Однако известно [1], что в КВ КС с многолучевостью и замираниями, используемые ШПС с небольшими базами $B_s \sim 10^2$, могут приводить к нарушению условия ОУС сигналов, то есть нулю нормированных значений:

1) автокорреляционных функций (АКФ) передаваемых сигналов с одинаковыми символами ($m = \rho$) $\rho_{11}(\tau) = 0$ при $\tau \geq \Delta t_i$, где τ – временной сдвиг анализируемого отсчета, Δt_i – относительное время запаздывания лучей;

2) взаимокорреляционной функции (ВКФ) передаваемых сигналов с разными символами ($m, \rho = 1; 0$ при $m \neq \rho$) $\rho_{10}(\tau) = 0$ при временном сдвиге $\tau > 0$.

В этих случаях может иметь место энергетический проигрыш, приводящий к невозможности обеспечить достижения допустимой вероятности ошибки ($P_{\text{ош}} = 10^{-4}$). Чтобы установить степень влияния на помехоустойчивость схемы НК квадратичного сложения сигналов нарушения условия ортогональности, необходимо найти аналитическую зависимость $P_{\text{ош}} = \psi(h^2, p_{11}(\tau), p_{10}(\tau))$, которая в [2, 3] не установлена.

Поэтому цель доклада показать аналитическую зависимость $P_{\text{ош}} = \psi(h^2, p_{11}(\tau), p_{10}(\tau))$ и осуществить оценку помехоустойчивости схемы НК квадратичного сложения сигналов в многолучевых КВ КС.

Известны методики оценки помехоустойчивости схемы НК обработки простых сигналов и ШПС в однолучевых КС с частотно-селективными замираниями (ЧСЗ), которые учитывают влияние лишь центрального пика АКФ. Следует заметить, что ЧСЗ представляют собой более общий тип замираний по сравнению с рэлеевскими. Поэтому на базе упрощения типа замираний (рэлеевские вместо ЧСЗ) можно разработать методику на случай: а) n -лучевых КС с рэлеевскими замираниями сигналов, приходящих по каждому из лучей; б) использования схемы НК квадратичного сложения ШПС с n ветвями разнесения по времени прихода лучей (рис. 1); в) учета боковых пиков АКФ ($p_{11}(\tau)$) и ВКФ ($p_{10}(\tau)$) передаваемых ШПС.

На рис. 1 обозначены: СФ_1 и СФ_0 – согласованные фильтры (СФ) с сигналами, соответствующими передаче символов $m = 1$ и $p = 0$, КДО – квадратичный детектор огибающей, РУ – решающее устройство.

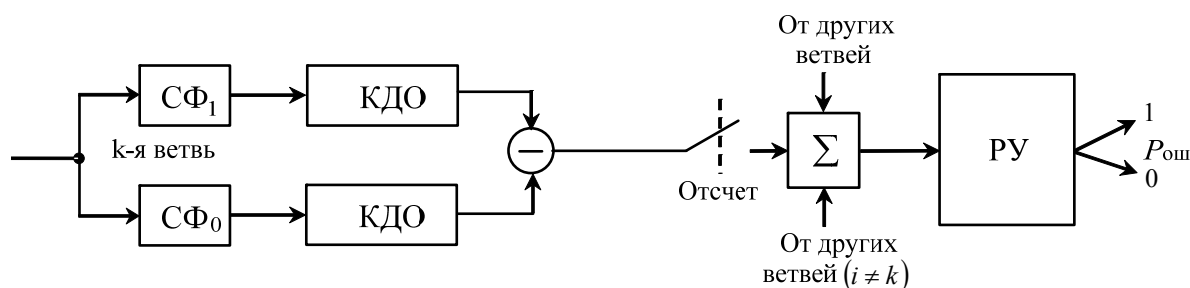


Рис. 1. Схема НК квадратичного сложения сигналов при n ветвях разнесения по времени прихода лучей

Разработка методики оценки помехоустойчивости n -лучевого КВ КС с учетом влияния боковых пиков АКФ ($\rho_{11\max}(\tau)$) и ВКФ ($\rho_{10\max}(\tau)$) передаваемых ШПС (1) осуществлена на основе шести этапов, представленных в трудах [3, 4].

На пятом этапе, осуществляя расчет отношения С/Ш по мощности на выходе НК схемы обработки (вычитающего устройства) 1-й ветви (W) схемы рис. 1, с учетом боковых пиков АКФ и ВКФ передаваемых ШПС можно представить в следующем виде:

$$W = \frac{\bar{h}^2 \left[(1 - \rho_{\max 11})^2 - \rho_{\max 10}^2 \right]}{\bar{h}^2 \rho_{\max 10}^2 + 1} \times \frac{(\bar{h}^2)^2 \left[(1 - \rho_{\max 11})^2 \rho_{\max 10}^2 + \rho_{\max 10}^4 \right] + \bar{h}^2 \left[(1 - \rho_{\max 11})^2 + 3\rho_{\max 10}^2 \right] + 2}{(\bar{h}^2)^2 \rho_{\max 10}^4 + \bar{h}^2 \left[(1 - \rho_{\max 11})^2 + 3\rho_{\max 10}^2 \right] + 2}, \quad (1)$$

где \bar{h}^2 – входное отношение С/Ш.

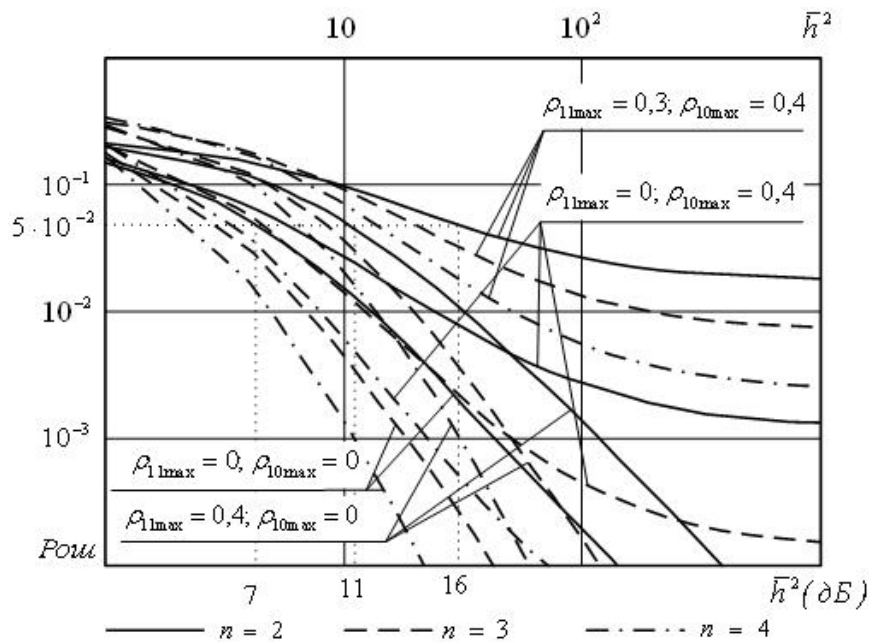


Рис. 2. Зависимости $P_{\text{ош}} = \psi(\bar{h}^2)$ для НК схемы НК квадратичного сложения сигналов пришедших по: 1 – двум, 2 – трем и 3 – четырем дискретным лучам при отсутствии и наличии одновременно боковых пиков АКФ и ВКФ, равных значению ($\rho_{11\max} = 0,3, \rho_{10\max} = 0,3$)

Оценку помехоустойчивости схемы НК квадратичного сложения сигналов в n -лучах (см. рис. 1) можно осуществить по известному выражению [2]

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{(W + 2)^n} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n + k - 1)!}{k!(n - 1)!} \left(\frac{W + 1}{W + 2} \right)^k, \quad (2)$$

где зависимость $W = \psi(\bar{h}^2, \rho_{10}(0), \rho_{11\max}, \rho_{10\max})$ определяется согласно (1).

На рис. 2 приведены графики зависимости $P_{\text{ош}} = \psi(\bar{h}^2)$, построенные по формулам (1), (2).

Анализ рис. 2 показывает, что с ростом числа принимаемых дискретных лучей значение боковых пиков АКФ и ВКФ пропорционально изменяет значение вероятности ошибочного приема. Как следствие этого, может возникнуть (даже при «небольших» значениях боковых пиков АКФ и ВКФ) несократимая вероятность ошибки. Как вариант выхода из этой ситуации – применение сигналов с приемлемо малыми значениями боковых пиков корреляционных функций.

Библиографический список

1. Хмельницкий Е.А. Оценка реальной помехозащищенности приема сигналов в КВ диапазоне. – М.: Связь, 1975. – 232 с.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – 2-е изд., перераб., доп. – М.: Советское радио, 1970. – 728 с.
3. Bello P.A., Nollin B.D. The effect of frequency selective fading on the binary error probabilities of incoherent and differentially coherent matched filter receivers // IEEE transaction on communication systems. – 1963. – Vol. 2. – № 2 – P. 170–186.
4. Маслов О.Н., Пашинцев В.П. Модели трансферных радиоканалов и помехоустойчивость систем космической связи // Инфокоммуникационные технологии. Приложение. Вып. 4. – Самара: Изд-во ПГАТИ, 2006. – 357 с.

ВОПРОСЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЯХ

Студент А.В. Григорьев

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент *А.П. Преображенский*
Воронежский институт высоких технологий

В работе рассматриваются основные характеристики, связанные с процессами передачи информации в высокоскоростных сетях.

Ключевые слова: беспроводные сети, передача информации.

INFORMATION TRANSFER IN HIGH-SPEED NETWORKS

Student Alexander Grigoriev

Supervisor – Ph.D. Physic and Mathematics Sciences,
Associate Professor *A.P. Preobrazhensky*
Voronezh Institute of High Technologies

The paper examines the main characteristics associated with the processes of information transmission in high-speed networks.

Keywords: wireless networks, the transmission of information.

Наблюдаемое развитие информационных технологий ведет к тому, что идет бурное развитие беспроводных сетей, связанных с передачей различной информации. Конечно, в основном это касается сетей локального и городского масштаба, где использование беспроводных технологий позволяет получить гибкость архитектуры сети, в том числе с поддержкой мобильности, обеспечивается быстрота проектирования и низкие затраты с точки зрения реализации. Кроме того, увеличение числа пользователей беспроводных сетей и различных объемов данных, которые передаются по каналам, привели к появлению новых высокоскоростных технологий.

Надо сказать, что существующие беспроводные протоколы должны обеспечивать не только передачу данных с высокой скоростью, но также и качественную надежную доставку различной медийной информации, которая может передаваться в условиях различных электромагнитных помех, которые всегда существуют в беспроводных сетях разных размеров.

Когда говорят о качестве, то под ним понимают получение заданных показателей производительности и надежности при передаче информации по беспроводной сети. Например, для последних версий стандартов беспроводных сетей разработаны различные механизмы поддержки качества обслуживания. При этом требуется обеспечить детальное рассмотрение

эффективности таких механизмов. Для этого важна разработка новых методов оценки производительности и надежности передачи данных. Уже возникли mesh-сети, представляющие собой новый класс широкополосных беспроводных сетей передачи мультимедийной информации. Для обеспечения совместимости устройств от различных производителей создают концепцию профилей. При использовании такого профиля изучают идентификатор профиля, идентификатор протокола маршрутизации и идентификатор метрики протокола маршрутизации. Устройство может проводить поддержку нескольких профилей работы, но лишь один из них может быть активным. Обязательный для всех устройств стандарта 802.11s профиль использует гибридный беспроводной mesh-протокол маршрутизации (HWMP, Hybrid Wireless Mesh Protocol) и метрику времени передачи в канале (Airtime Link Metric).

По сравнению с сетями ad hoc в настоящее время mesh-сети поддерживают дополнительные mesh-сервисы, и биконы ответственны за их поддержку. Например, механизм детерминированного доступа MDA использует биконы для передачи в них специального информационного элемента MDAOP Advertisements с рекламой MDA-резервирований. Этот и другие дополнительные информационные элементы делают биконы в mesh-сети более индивидуальными по сравнению с биконами в сетях ad hoc, которые разнятся только значением временной метки (поля бикон-кадра, описывающие возможные режимы работы станции, не меняются в течение всего времени существования сети ad hoc). Потому важно, чтобы каждое МР отправляло свой бикон как можно чаще.

При выборе оптимальных маршрутов в сети могут использоваться различные критерии (метрики). Эти метрики могут включать в себя такую информацию, как длина пути (количество шагов), надежность, задержка, пропускная способность, загрузка, стоимость передачи трафика и т.д. Наиболее распространенной метрикой является длина пути.

Некоторые протоколы маршрутизации позволяют администратору сети присвоить каналу (путь длиной в один шаг) произвольную длину.

При этом длина пути – это сумма длин каналов, через которые пролегает путь от источника (отправителя) к адресату (получателю). Другие протоколы определяют число шагов – сколько сетевых устройств (например, маршрутизаторов) должен пройти пакет на своем пути к получателю.

Еще один критерий выбора оптимальных маршрутов – надежность. Под метрикой «надежность» обычно подразумевается доля потерь пакетов в каждом из каналов. Некоторые каналы разрываются чаще, чем другие, или восстанавливаются проще и быстрее после ошибки в работе сети.

Любые факторы надежности могут учитываться при получении численного значения данной метрики. Другая популярная метрика – задержка, то есть время, необходимое для доставки пакета от отправителя к получателю. Задержка зависит от многих факторов, включая пропускную способность каналов, очереди в портах устройств на пути пакета, загрузку сети во всех промежуточных каналах, а также физическое расстояние, которое нужно преодолеть. Поскольку задержка зависит от ряда важных факторов, это распространенная и полезная метрика.

Пропускная способность также часто используется как критерий выбора пути. Под ней подразумевается объем данных, который может быть передан по сети в единицу времени.

Метрика, напрямую связанная с пропускной способностью, – это загрузка, которая отражает степень занятости сетевых ресурсов, таких как каналы и маршрутизаторы. Загрузку можно вычислить различными способами, включая загрузку процессора и число обрабатываемых или передаваемых в секунду пакетов. Следует отметить, что постоянный анализ этих показателей сам по себе может потребовать значительных ресурсов сетевого оборудования.

Существенно отличается от перечисленных выше критериев метрика «стоимость».

Некоторые компании в целях экономии предпочитают использовать пути через собственные каналы, а не через более высокопроизводительные, но платные каналы других операторов.

Библиографический список

1. Головинов С.О., Преображенский А.П., Львович И.Я. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинированного алгоритма // Телекоммуникации. – 2010. – № 7. – С. 20–23.

2. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, А.П. Преображенский, С.О. Головинов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 32–35.

3. Шпилев С.А. Проактивная маршрутизация в IEEE 802.11s mesh-сетях // Материалы III Всерос. молодеж. науч. конф. по проблемам управления (ВМКПУ-2008). – М., 2008.

4. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей // Вестник Воронеж. ин-та высоких технологий. – 2012. – № 9.

АППРОКСИМАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С КОМПЛЕКСНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ ПРИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОМ ПОДХОДЕ

Аспирант Лыу Хай Нам

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *А.Ю. Сизякова*
НИУ «Московский энергетический институт»

Рассмотрены два вида аппроксимации комплексной нелинейности усилителя мощности: полиномиальная и аппроксимация суммой ряда бесселевых функций передаточных характеристик нелинейных устройств. Предложен алгоритм многокритериального выбора параметров аппроксимирующих рядов.

Ключевые слова: амплитудная характеристика, фазоамплитудная характеристика, аппроксимация.

APPROXIMATION OF TRANSMISSION PERFORMANCES OF POWER AMPLIFIER WITH COMPLEX NONLINEARITY IN MULTICRITERION APPROACH

Graduate Student Luu Hai Nam

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *A. Yu. Sizjakova*
NIU «Moscow Power Engineering Institute»

Two types of approximations of complex nonlinearity of the power amplifier: polynomial approximating and approximating with the help of the sum of a number of Bessel functions of transmission performances of nonlinear devices. The algorithm multicriterion selection of parameters approximating the series.

Keywords: amplitude response, fazoamplitudnaya characteristic, an approximation.

При воздействии многочастотного сигнала на нелинейный усилитель мощности (УМ) ретранслятора (РТР) спектр выходного колебания оказывается существенно «загрязненным» интермодуляционными (ИМ) спектральными составляющими. При попадании этих ИМ компонент в полосу приемника земной станции снижается достоверность передачи данных или уменьшается пропускная способность системы связи. Поэтому на этапе проектирования проводят теоретическую оценку мощности ИМ.

Как правило, экспериментальные амплитудная и фазоамплитудная характеристики (АХ и ФАХ) нелинейных СВЧ УМ задаются в виде таблиц. Для теоретической оценки мощности ИМ используют аналитические зависимости, которые получают при аппроксимации экспериментальных данных по известным формулам [2].

В докладе рассмотрена задача представления АХ и ФАХ нелинейных УМ суммой степенных функций (обозначим РЯД-1) и суммой ряда бесселевых функций (обозначим РЯД-2). Показано, что при использовании одного

показателя качества нельзя аппроксимировать нелинейные АХ и ФАХ УМ с малыми ошибками. Автором предложено использовать три показателя качества, использован критерий минимума каждого из показателей.

Выражение для комплексных амплитуд сигналов и интермодуляционных составляющих на выходе нелинейного УМ записывается в общем виде [1]:

$$\dot{U}_{\text{вых}}(K_1, K_2, \dots, K_N; \rho = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\prod_{m=1}^N \dot{U}_m J_{K_m}(r) \right] dr \cdot \int_0^{\infty} \rho g(\rho) e^{j\varphi(\rho)} J_1(\rho) d\rho, \quad (1)$$

где $\dot{U}_m = \dot{U}_m(t)$ – комплексная амплитуда m -го входного сигнала; J_{K_m} – функция Бесселя первого рода порядка K_m ; $\rho = \rho(t) = \sqrt{2P_{\text{вх}}}$ $P_{\text{вх}}$ – мощность сигнала на входе УМ; $g(\rho), \varphi(\rho)$ – передаточные АХ и ФАХ рассматриваемого УМ.

Комплексная передаточная характеристика УМ

$$\dot{G}(\rho) = g(\rho) e^{j\varphi(\rho)}. \quad (2)$$

Как правило, характеристика $\dot{G}(\rho_k)$ УМ задается в виде набора экспериментальных значений АХ и ФАХ $g_k = g(\rho), \varphi_k = \varphi(\rho_k)$ для z точек наблюдения $\rho_k, k = \overline{1, z}$ на интервале $(0, \rho_{\text{max}})$.

Полиномиальная интерполяция. Рассматривается интерполяция передаточных АХ и ФАХ УМ ретранслятора степенным полиномом [2]:

$$\dot{G}(\rho) = g(\rho) e^{j\varphi(\rho)} = \sum_{m=1}^L \dot{C}_m \rho^{2m-1}, \quad (3)$$

где \dot{C}_m – константы, комплексные коэффициенты степенного ряда, $\dot{C}_m = a_m + jb_m$; L – число членов ряда.

Интерполяция экспериментальных значений АХ $\{g_k\}$ и ФАХ $\{\varphi_k\}$ в точках наблюдения $\rho_k, k = \overline{1, z}$ выполняется по методу наименьших квадратов. Для этого составляется система уравнений (4) и (5) для действительной и мнимой частей комплексной нелинейности (3):

$$d_{\text{Re}} = \sum_{k=1}^L \left[g_k \cos \varphi_k - \sum_{m=1}^L a_m \rho_k^{2m-1} \right]^2 = \min, \quad (4)$$

$$d_{\text{Im}} = \sum_{k=1}^z \left[g_k \sin \varphi_k - \sum_{m=1}^L b_m \rho_k^{2m-1} \right]^2 = \min. \quad (5)$$

Интерполяция рядом по функциям Бесселя. Рассматривается интерполяция комплексной передаточной нелинейной характеристики УМ рядом по функциям Бесселя:

$$\dot{G}(\rho) = g(\rho) e^{j\varphi(\rho)} = \sum_{m=1}^L \dot{R}_m J_1(\alpha m \rho), \quad (6)$$

где $J_1(x)$ – функция Бесселя 1-го рода первого порядка; \dot{R}_m – комплексные коэффициенты, $\dot{R}_m = p_m + jq_m$; α – вещественная константа; L – число членов ряда.

Для решения задачи интерполяции составлена система уравнений (7) и (8) для действительной и мнимой частей модели комплексной нелинейности (6):

$$d_{\text{Re}} = \sum_{k=1}^z \left[g_k \cos \varphi_k - \sum_{m=1}^L p_m J_1(\alpha m \rho_k) \right]^2 = \min, \quad (7)$$

$$d_{\text{Im}} = \sum_{k=1}^z \left[g_k \sin \varphi_k - \sum_{m=1}^L q_m J_1(\alpha m \rho_k) \right]^2 = \min. \quad (8)$$

Результаты решения задачи интерполяции

Результатами интерполяции являются наборы коэффициентов \dot{C}_m для ряда (3), наборы коэффициентов \dot{R}_m и α для ряда (6), а также число L членов этих рядов. Каждой комплексной нелинейности соответствуют свои наборы значений этих констант.

Очевидно, что отклонения d_{Re} и d_{Im} должны принимать минимальное или близкое к нему значение при одном и том же L для рядов (4) и (5). Поэтому вводится функция риска в виде $\Delta = d_{\text{Re}} + d_{\text{Im}}$; в качестве критерия выбирается минимизация значения Δ .

Полиномиальная интерполяция

$$\Delta = \sum_{k=1}^z \left[g_k \cos \varphi_k - \sum_{m=1}^L a_m \rho_k^{2m-1} \right]^2 + \sum_{k=1}^z \left[g_k \sin \varphi_k - \sum_{m=1}^L b_m \rho_k^{2m-1} \right]^2 = \min. \quad (9)$$

На рис.1 построены графики зависимостей АХ $g(P_{\text{вх}})$ и ФАХ $\varphi(P_{\text{вх}})$ УМ, рассчитанные по формуле (3), при условии, что коэффициенты $\{\dot{C}_m\}_{m=1}^L$ найдены из системы уравнений (9), а $L = L_{\text{опт}}(\Delta_{\text{min}})$.

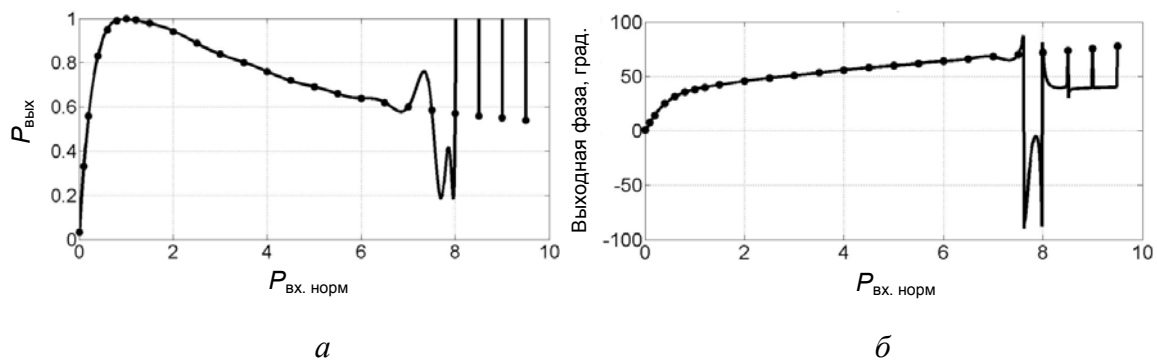


Рис. 1. АХ и ФАХ УМ (черная кривая) для набора коэффициентов \dot{C}_m , соответствующих $\Delta_{\text{min}}, L_{\text{опт}} = 88$: а – АХ, б – ФАХ

Из рис. 1 видно, что функции $g(P_{\text{вх}})$ и $\varphi(P_{\text{вх}})$, построенные при условии Δ_{min} , хорошо аппроксимируют экспериментальные зависимости для значений $P_{\text{вх.норм}} \leq 6$. Для больших значений $P_{\text{вх.норм}} \geq 6$ зависимости $g(P_{\text{вх}})$ и $\varphi(P_{\text{вх}})$ с указанными коэффициентами становятся немонотонными и не могут рассматриваться в качестве аппроксимации данных эксперимента.

Интерполяция рядом по функциям Бесселя

$$\Delta = \sum_{k=1}^z \left[g_k \cos \varphi_k - \sum_{m=1}^L p_m J_1(\alpha m \rho_k) \right]^2 + \sum_{k=1}^z \left[g_k \sin \varphi_k - \sum_{m=1}^L q_m J_1(\alpha m \rho_k) \right]^2 = \min. \quad (10)$$

На рис. 2 построены графики зависимостей АХ $g(P_{\text{вх}})$ и ФАХ $\varphi(P_{\text{вх}})$ УМ, рассчитанных по формуле (6), при условии, что коэффициенты $\{\dot{R}_m\}_{m=1}^L$ найдены из уравнений (10), а $\alpha = \alpha_{\text{опт}}(\Delta_{\text{min}})$, $L_{\text{опт}} = L(\Delta_{\text{min}})$.

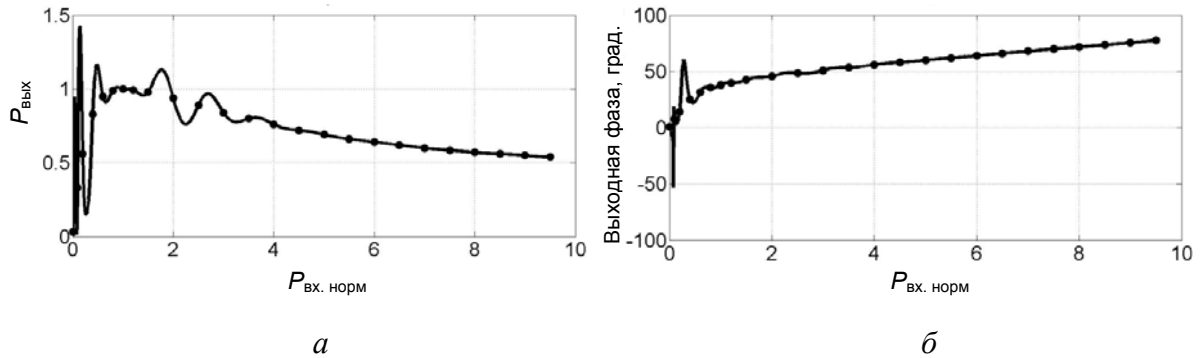


Рис. 2. АХ и ФАХ УМ (черная кривая) для набора коэффициентов \dot{R}_m , соответствующих $\Delta_{\text{min}}, L_{\text{опт}} = 30, \alpha_{\text{опт}} = 0,61$: а – АХ, б – ФАХ

Из рис. 2 видно, что функции $g(P_{\text{вх}})$ и $\varphi(P_{\text{вх}})$, построенные для коэффициентов, рассчитанных при условии $\Delta = \text{min}$, являются немонотонными и не могут рассматриваться в качестве аппроксимации данных эксперимента.

Аппроксимация с использованием трех показателей качества.

Для того чтобы получить «гладкие» аппроксимирующие зависимости $g(P_{\text{вх}})$ и $\varphi(P_{\text{вх}})$, в работе используется совокупность трех показателей: (1) сумма квадратов ошибок Δ в узловых точках, формулы (9), (10); (2) – суммарная площадь отклонений S ; (3) – максимальное отклонение h .

Показатели S и h пояснены на рис. 3.

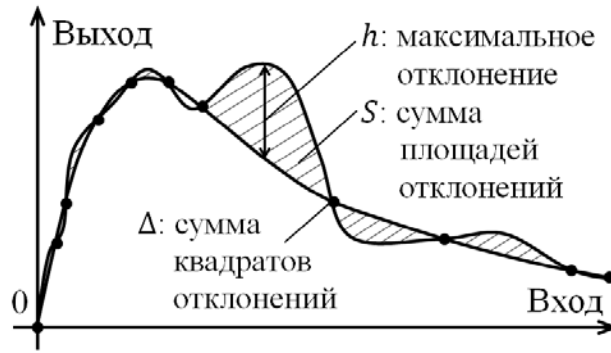


Рис. 3. Пояснение показателей качества Δ , S , h

В качестве показателя S выбрано значение суммы площадей областей, ограниченной кривыми (на рис. 3 эти области заштрихованы). Показатель h — это число, равное модулю максимального отклонения кривой аппроксимации от ожидаемой экспериментальной кривой.

Требуется выбрать критерий оптимизации, удовлетворяющий интуитивному условию близости аппроксимирующей зависимости к экспериментальным данным для всего диапазона входных данных $P_{\text{вх}}$.

Алгоритм решения задачи аппроксимации

Составим трехэтапный алгоритм решения задачи аппроксимации.

Этап 1: составление таблиц испытаний. Выбираются N точек A_1, \dots, A_N . В каждой из точек A_i вычисляются значения всех показателей качества $\Phi_1(A_i), \Phi_2(A_i), \dots, \Phi_S(A_i)$, которые заносятся в таблицу (обозначим таблица 1). Затем составляется таблица 2 путем удаления некоторых строк из таблицы 1. Поясним порядок действий.

Выбирается первая строка таблицы 1. Производится попарное сравнение соответствующих показателей первой и второй строк: первого столбца $\Phi_1(A_i)$ и $\Phi_1(A_{i+1})$, второго столбца $\Phi_2(A_i)$ и $\Phi_2(A_{i+1})$ и так по всем k показателям (столбцам таблицы). Если для каждого показателя выполняется система неравенств

$$\Phi_1(A_i) > \Phi_1(A_{i+1}), \Phi_2(A_i) > \Phi_2(A_{i+1}), \dots, \Phi_k(A_i) > \Phi_k(A_{i+1}), \quad (11)$$

то удаляется вся строка, соответствующая набору параметров A_i (в рассматриваемом случае — первая строка). Иначе производится попарное сравнение соответствующих показателей первой и третьей строк. Если одновременно выполняются неравенства

$$\Phi_1(A_i) > \Phi_1(A_{i+2}), \Phi_2(A_i) > \Phi_2(A_{i+2}), \dots, \Phi_k(A_i) > \Phi_k(A_{i+2}). \quad (12)$$

то удаляется строка, соответствующая набору параметров A_i . Аналогично производятся сравнения показателей первой строки с показателями всех строк таблицы 1:

$$\Phi_1(A_i) > \Phi_1(A_{i+j}), \Phi_2(A_i) > \Phi_2(A_{i+j}), \dots, \Phi_k(A_i) > \Phi_k(A_{i+j}). \quad (13)$$

Если неравенства (13) выполняются не для всех пар показателей, то строка, соответствующая набору параметров A_i , остается и переносится в таблицу 2. Так, на 1-м этапе удаляются заведомо худшие варианты, в таблицу 2 заносятся все нехудшие наборы показателей.

Этап 2: выбор критериальных ограничений. На этом этапе проектировщик назначает ограничение Φ_v^* для каждого показателя на основании данных таблицы 2.

Этап 3: выявление наборов параметров и показателей качества, удовлетворяющих критериальным ограничениям. Фиксируется один из показателей, например $\Phi_1(A)$, и рассматривается соответствующая ему таблица испытаний 2. Пусть s – количество значений в этой таблице, удовлетворяющих выбранному критериальному ограничению Φ_1^* , так что

$$\Phi_1(A_m) \leq \dots \leq \Phi_1(A_n) \leq \Phi_1^*. \quad (14)$$

Аналогично для каждого из k показателей задаются ограничения Φ_v^* и выявляются все точки A_i , в которых справедливы одновременно все неравенства $\Phi_v(A) \leq \Phi_v^*$; ($v = 1, 2, \dots, k$). Набор полученных точек является решением задачи оптимизации.

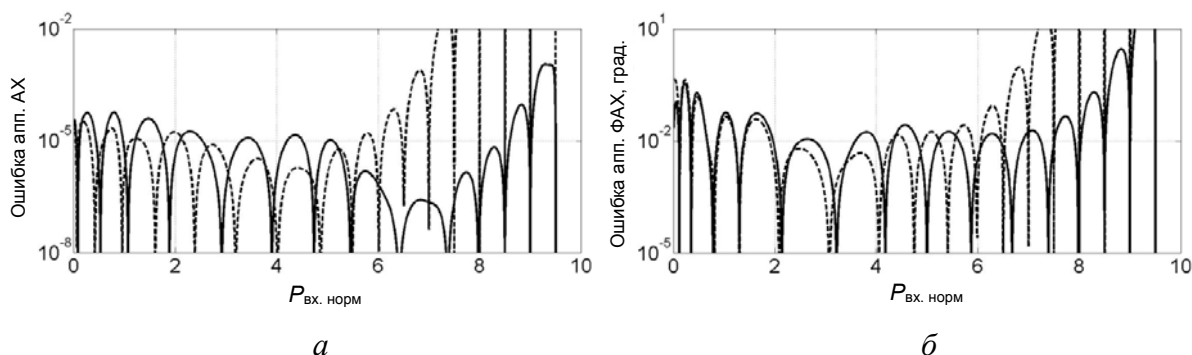


Рис. 4. Зависимость ошибок аппроксимации от входной мощности УМ (РЯД-1): оптимальность по методу наименьших квадратов (пунктир) и оптимальность по трем критериям (черная кривая): a – мощность, b – фаза

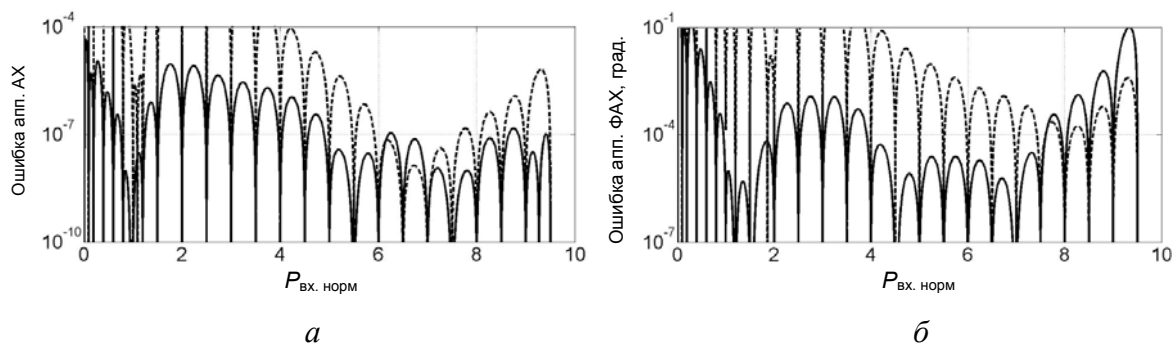


Рис. 5. Зависимость ошибок аппроксимации от входной мощности УМ (РЯД-2): оптимальность по методу наименьших квадратов (пунктир) и оптимальность по трем критериям (черная кривая): a – мощность, b – фаза

На рис. 4 и 5 показаны зависимости ошибок аппроксимации АХ и ФАХ от входной мощности УМ при РЯД-1 (средняя ошибка нормированной АХ = 10^{-5} , ФАХ = 10^{-2} град) и РЯД-2 (средняя ошибка нормированной АХ = 10^{-7} , ФАХ = 10^{-4} град).

В работе использован многокритериальный подход к решению задачи аппроксимации экспериментальных характеристик УМ и использованы условия критериальных неравенств. При такой постановке автор разработал алгоритм и получил искомое аналитическое представление комплексной нелинейной характеристики УМ. Сравнение результатов аппроксимации показало, что лучшие характеристики можно получить при аппроксимации передаточной характеристики УМ рядом по функциям Бесселя.

Библиографический список

1. Когновицкий Л.В., Мельников Б. Системы связи с нелинейным ретранслятором. – М.: Изд-во МЭИ, 1993.
2. Касымов А.Ш., Когновицкий Л.В., Касымов Ш.И. Бесселева и полиномиальная аппроксимации передаточных характеристик СВЧ-устройств с комплексной нелинейностью // Электромагнитные волны и электронные системы. – № 4. – 2005.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОПТИМИЗАЦИИ И СОГЛАСОВАНИЯ АНТЕНН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ *ММАНА*

Студент гр. РП-519 А.О. Пукса

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *И.В. Богачков*
Омский государственный технический университет

Приведены результаты моделирования и оптимизации антенн с помощью программы *ММАНА*, рассмотрены вопросы формирования обучающих модулей для обучения студентов элементам проектирования антенн.

Ключевые слова: программа *ММАНА*, моделирование и оптимизация антенн, обучающие модули.

STUDYING OF PROCESSES OF OPTIMIZATION AND COORDINATION OF ANTENNAS BY MEANS OF THE *MMANA* PROGRAM

Student of group RP-519 A.O. Puksa

Scientific adviser – docent, PhD *I.V. Bogachkov*
Omsk State Technical University

The results of modeling and optimization of antennas with the aid program *MMANA*, the issues of formation of training modules for training of students-tion elements design antennas.

Keywords: Program *MMANA*, simulation and optimization of antennas, teaching modules.

В последнее время инженерные расчеты все больше автоматизируются, и расчет параметров антенн не является исключением. Для их проектирования и анализа используется множество самых разных программ. Одной из самых распространенных среди них является *ММАНА*.

Преимуществом данной программы перед остальными подобными продуктами является принципиально новый метод многомерных матриц, используемый для расчета характеристик антенны, суть которого заключается в разбиении каждого проводника антенны на сегменты и вычислении в каждой точке собственного тока и тока, наведенного от всех остальных сегментов. Программа *ММАНА* является бесплатной и свободна в распространении.

При освоении программы *ММАНА* студенты испытывают определенные трудности даже после знакомства со специализированной литературой [2, 3]. Для ускорения адаптации неподготовленных студентов были разработаны специальные методические указания с файлами программы *ММАНА*, изучая которые, студенты пошагово проходят все процессы построения антенн в программе *ММАНА*, получения диаграмм направленности, оптимизации и согласования характеристик.

Наиболее наглядно получается постепенное построение антенны «волновой канал» (Удо – Яги, директорной), начиная с одиночного активного вибратора. Добавляя рефлекторы и директоры, проводя оптимизацию характеристик и изменяя толщину, студенты наглядно видят изменение диаграммы направленности и других характеристик антенны.

Как известно, у одиночного вибратора диаграмма направленности – «восьмерка» (в объеме – «тор»). На рис. 1 показаны диаграмма направленности и частотная зависимость КСВ директорной антенны после оптимизации параметров антенны.

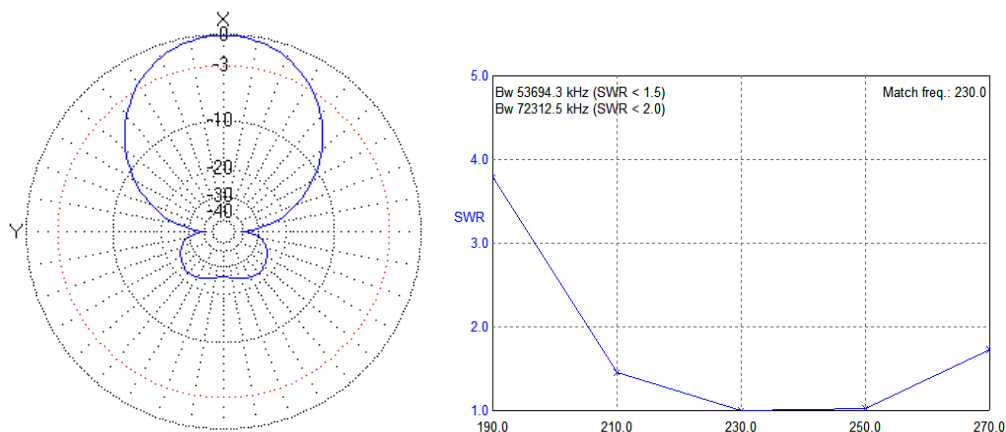


Рис. 1. Диаграмма направленности и частотная зависимость КСВ директорной антенны после оптимизации параметров антенны

На рис. 2 показано, как на характеристики антенны влияет изменение радиуса поперечного сечения всех элементов [4, 5].

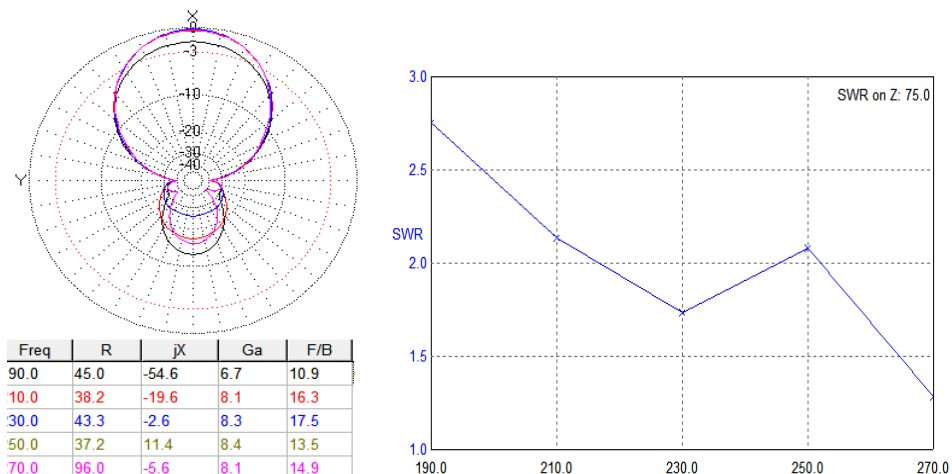


Рис. 2. Как на характеристики антенны влияет изменение радиуса поперечного сечения всех элементов

Процесс согласования в программе *MMANA* реализован в нескольких возможных вариантах проектирования СУ: согласование под выбранное Z, СУ на LC элементах, СУ на 1 и 2 линиях.

Важной составляющей в процессе согласования является достижение наилучших характеристик КСВ в заданном диапазоне частот.

На рис. 3 показан график зависимости КСВ от частоты после проведения операции согласования на LC элементах.

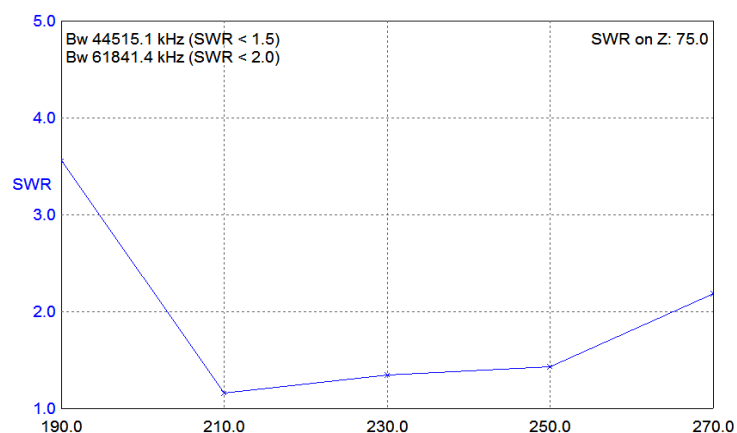


Рис. 3. График зависимости КСВ от частоты после проведения операции согласования на LC элементах

Другой проблемой является демонстрация студентам активного и реактивного потоков энергии антенны. Для этого за основу взят электрический диполь, так как его составляющие поля легко определяются и позволяют моделировать картину активных и реактивных потоков в области антенны. С помощью анимационных средств программы *MathCad* получается демонстрационный видеофайл, позволяющий увидеть изменение с течением времени компонент поля и движение потоков около антенны [4, 5].

Библиографический список

1. Горощеня А.Б., Богачков И.В. К вопросу миниатюризации антенн // Омский научный вестник. – Вып. 4 (25). – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. – С. 115–117.
2. Богачков И.В. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 112 с.
3. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ (в 5 ч.). – М.: РадиоСофт, 2004. – 2010.
4. Богачков И.В., Пукса А.О., Яковлева И.А. Разработка электронных методических материалов для изучения антенн // Наука, образование, бизнес: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ПЦ «КАН»; ИРСИД, 2012. – С. 308 – 310.
5. Богачков И.В., Пукса А.О., Ткачев Б.Ю. Разработка электронных методических материалов для изучения антенн с помощью программы «ММАНА» // Тр. XII Междунар. науч.-метод. конф. вузов и факультетов инфокоммуникаций. – М.; Курск: Изд-во МТУСИ, 2012. – С. 215–218.

УСТРОЙСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Студенты гр. РП-519 А.О. Пукса, Е.А. Федченко

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *И.В. Никонов*
Омский государственный технический университет

Рассмотрены перспективы использования ПАВ-устройств и аспекты создания более дешевых и доступных устройств идентификации с улучшенными характеристиками.

Ключевые слова: ПАВ-устройства, миниатюрные акустоэлектронные устройства, акустические сигналы

IDENTIFICATION DEVICES ON SUPERFICIAL ACOUSTIC WAVES

Students of group RP-519 A.O. Puksa, E.A. Fedchenko

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor *I.V. Nikonov*
Omsk State Technical University

The prospects of using SAS devices, and discussed aspects of creating a more affordable and accessible devices of identification with improved characteristics.

Keywords: SAS devices, miniature acoustoelectronic devices, acoustic signals.

В новых радиотехнических разработках все больше начинают применяться **миниатюрные** акустоэлектронные устройства различного назначения, принцип действия которых основан на возбуждении, приеме и обработке поверхностных акустических волн (ПАВ), в которые за счет пьезоэффекта преобразуются электрические сигналы. Перспективность разработки и применения таких устройств обусловлена современной дешевой интегральной технологией их производства, хорошей повторяемостью характеристик, высокой надежностью, возможностью изготовления ПАВ-устройств для важного частотного диапазона от 10 МГц до 2 ГГц.

В настоящее время наиболее изучены три типа поверхностных акустических волн, которые могут распространяться вблизи плоской поверхности твердого тела. Это волны Рэлея, Лява, Стоунли, отличающиеся друг от друга характеристиками акустических колебаний, но в практических разработках, как правило, применяются волны Рэлея. В рэлеевской волне происходят продольно-поперечные колебания частиц твердого тела, и при распространении волна локализуется в поверхностном слое, толщина которого сравнима с длиной волны. Возбуждают поверхностную акустическую волну подаваемым на входной встречно-штыревым преобразователем (ВШП) электрическим сигналом (с помощью обратного пьезоэффекта), а обратное преобразование в электрический сигнал производится другим ВШП (с помощью

прямого пьезоэффекта). Рисунок иллюстрирует вид типичного ПАВ-устройства с двумя ВШП. На рисунке показаны два ВШП, представляющие собой металлические полосы, нанесенные на поверхность тонкой пьезоэлектрической подложки методами интегральной технологии. По электрическим свойствам каждый ВШП является аналогом колебательного контура третьего вида, а показанное на рисунке ПАВ-устройство является полосовым фильтром с линейной фазочастотной характеристикой. Пьезоэлектрики, применяемые для пьезоподложек ПАВ-устройств, это синтетический кварц, ниобат лития, танталат лития и другие.

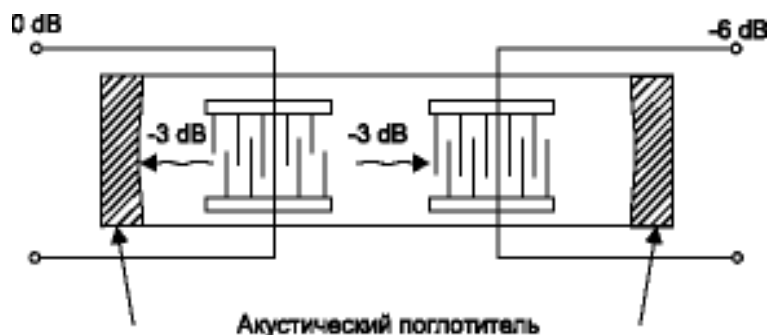


Рис. Структура ПАВ-устройства

Шаг электродов определяет среднюю частоту полосы пропускания ПАВ-устройства:

$$d_0 = 0,5\lambda_0 = \frac{v}{f_0}, \quad (1)$$

где v – значение скорости ПАВ (примерно 3 км/с); f_0 – средняя частота проектируемого ПАВ-устройства (частота акустического синхронизма); λ_0 – длина волны для центральной частоты.

Типичная технологическая схема процесса изготовления ПАВ-устройств включает в себя следующие технологические операции: изготовление пьезоэлектрического звукопровода; изготовление фотооригинала и фотошаблона; металлизация звукопровода; формирование преобразователей и контактных шин; монтаж в корпусе, герметизация устройства (при необходимости).

Если еще 5–10 лет назад проектировались для новой радиоаппаратуры в основном только ПАВ-фильтры и генераторы [1, 2], то в последние годы стали исследоваться различные варианты специализированных ПАВ-устройств. В частности, в настоящее время зарубежные специалисты в области акустоэлектроники уделяют значительное внимание разработке акустоэлектронных устройств для систем радиочастотной идентификации (транспондеров).

Акустоэлектронный транспондер может быть выполнен примерно так же, как и ПАВ-фильтр на рисунке, но вместо второго ВШП изготавливаются с рассчитанными заранее интервалами группы незамкнутых металлических полосок, выполняющих роль отражателей.

Принцип работы такого транспондера в системе радиочастотной идентификации следующий. В системе идентификации есть маломощный радиопередатчик радиоимпульсов опроса, который периодически излучает радиоимпульс опроса. ВШП выполняет функции приемной антенны, а также функции приемно-передающего преобразователя и передающей антенны. Передает ВШП вновь в «эфир» радиоимпульсы, вернувшиеся к нему от групп отражательных полосок. Например, на поверхности пьезоподложки может быть выполнено 16, 32, 64 группы отражателей. Это, соответственно, может обеспечить количество адресов для объектов в конкретной системе от 2^{16} до 2^{64} .

Достоинство подобных систем радиоидентификации заключается в указанных ранее достоинствах ПАВ-устройств, а также в следующем:

- не нужны источники питания для идентификаторов;
- очень маленькие размеры идентификаторов на ПАВ. Площади пьезоподложек ПАВ-устройств (в разрешенных для этих цепей диапазонах радиочастот 0,5–2 ГГц) составляют менее 1 кв. мм;
- очень маленькая стоимость (стоимость маленькой «крупинки» из пьезокристалла и стоимость работы по нанесению электродов методами дешевой интегральной технологии);
- долговечность, надежность;
- ожидаемое широкое применение подобных систем и идентификаторов для них в будущем (10^8 – 10^9 штук/год).

Моделирование ПАВ-устройств и некоторые эксперименты показали перспективность подобных систем, но требуются дополнительные исследования.

Библиографический список

1. Никонова Г.С., Никонов И.В. Анализ характеристик генераторов на поверхностных акустических волнах // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. / Сибирский федеральный ун-т. – Красноярск: Поток, 2012. – С.407–411.
2. Никонова Г.С. Основные принципы проектирования и температурной стабилизации ПАВ-устройств // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. Науч.-техн. журнал. №3(113). – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – С. 327–330.

ПОИСК НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТРУКТУРНОЙ СКРЫТНОСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Слушатель гр. 530 А.Л. Пенязь

Научный руководитель – канд. техн. наук *Г.С. Колбасова*
Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Представлен анализ существующих и проведен поиск новых технических решений по обеспечению структурной скрытности инфокоммуникационной сети специального назначения.

Ключевые слова: структурная скрытность, инфокоммуникационная сеть специального назначения.

SEARCH FOR TECHNICAL SOLUTIONS TO ENSURE STRUCTURAL STEALTH INFO COMMUNICATION NETWORK SPECIAL PURPOSE

listener gr. 530 A.L. Peniaz

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences *G.S. Kolbasova*
Military academy of communication im. S.M. Budennogo, St. Petersburg

An analysis of existing and proposed new technical solutions to ensure the structural stealth infocommunication special-purpose networks.

Keywords: Structural stealth, infocommunication special-purpose networks

Современные инфокоммуникационные системы характеризуются многообразием задач, решаемых в ходе их функционирования. Для реализации своих функций современная инфокоммуникационная система специального назначения должна строиться на единых принципах интегрированных телекоммуникационных сетей с использованием ресурсов сети связи общего пользования, что предполагает широкое использование компьютерных технологий. Следовательно, значимое место в проблеме обеспечения защищенности информационной сферы инфокоммуникационных систем специального назначения занимает безопасность распределенных компьютерных сетей, объединенных через единую сеть электро-связи в интересах органов специального назначения.

И в то же время ее возможности вступают в противоречие с проблемой обеспечения защиты информации, так как при условии выхода информационного трафика за пределы контролируемой зоны в сеть связь общего пользования, даже при эффективной защите информационной части сообщений с помощью криптомаршрутизаторов, информация о наличии информационных потоков между удаленными сегментами и в том числе их интенсивности остается открытой для нарушителя, осуществ-

ляющего анализ трафика в некоторой точке сети связи общего пользования. Для инфокоммуникационных систем специального назначения таким нарушителем является иностранная техническая компьютерная разведка.

При организации информационного взаимодействия, транспортной средой которого становится сеть общего пользования, важной задачей становится обеспечение защищенности ресурса пользователя от воздействий нарушителя.

Под ресурсом пользователя в данном случае понимаются обрабатываемая и передаваемая конфиденциальная информация, а также информация ограниченного распространения по причинам коммерческой, служебной, врачебной тайн или другим видам ограничений.

Защищенность инфокоммуникационных систем характеризуется применяемыми видами программно-аппаратных средств защиты и набором параметров, применение которых позволяет защитить их от воздействий нарушителя. Параметры, влияющие на защищенность, имеются на всех объектах информационного взаимодействия: на коммуникационном оборудовании, клиентах, серверах, средствах обеспечения информационной безопасности.

При объединении удаленных сегментов распределенной инфокоммуникационной системы через сети связи общего пользования (например, Интернет) усложняется решение задачи по обеспечению безопасности связи. Это связано с возникновением практически неограниченного спектра потенциальных угроз, связанных либо с несанкционированным доступом к информации или ее перехватом в процессе передачи по каналам связи, либо деструктивными воздействиями на ВС. Задача защиты информационной части пакетов сообщений достаточно эффективно решается средствами криптографии. Однако даже при отсутствии возможности декодирования перехваченной информации нарушитель путем деструктивного воздействия на телекоммуникационное оборудование может нарушить нормальное функционирование системы. Это обусловлено тем, что адреса отправителей и получателей пакетов сообщений передаются в открытом виде. Таким образом, возникает противоречие между необходимостью открытой передачи адресов отправителей и получателей пакетов сообщений по каналам связи и требованием по обеспечению безопасности ВС, так как выявление истинных адресов корреспондирующих субъектов создает предпосылки для осуществления деструктивных воздействий на инфокоммуникационные системы [1]. Известен способ повышения безопасности и скрытности канала связи, изложенный в патенте «Способ (варианты) и устройство (варианты) защиты канала связи вычис-

лительной сети» (RU 2306599) G06F21. Технический результат заключается в повышении безопасности и скрытности работы канала связи. В способе задают исходные данные, у отправителя формируют исходный пакет данных. Затем кодируют полученный пакет данных и преобразуют в формат TCP/IP. После этого включают в него текущие адреса отправителя и получателя и передают сформированный пакет. Заменяют адрес отправителя. У получателя выделяют адреса отправителя и получателя и сравнивают их с предварительно заданными адресами. Вероятность определения нарушителем истинной структуры распределенной ВС существенно снизилась, так как для такого определения необходимы дополнительные аналитические исследования. Следовательно, в этом случае вероятность осуществления деструктивных воздействий также снизилась, разработанные способ (варианты) и устройство (варианты) позволяют благодаря непрерывному изменению в передаваемых пакетах сообщений адресов отправителя и получателя повысить безопасность и скрытность работы канала связи инфокоммуникационной системы.

Недостатком данного способа является то, что достигается повышение безопасности и скрытности, в частности, одного (нескольких) канала связи, а не в целом всей инфокоммуникационной системы.

Известен способ обеспечения безопасности вычислительной сети, изложенный в патенте «Способ защиты вычислительной сети (варианты)» (RU 2325694) H04L12. Результат, заключающийся в повышении безопасности вычислительных сетей, достигается путем маскирования структуры сети с помощью изменений идентификационной структуры в информационной части передаваемых в сеть пакетов сообщений. Способ заключается в выполнении следующих действий: задают исходные данные, у отправителя формируют исходный пакет данных, а в случае отсутствия у отправителя данных для формирования истинного исходного пакета данных формируют ложный исходный пакет данных, кодируют полученный пакет данных и преобразуют в формат TCP/IP, включают в него адреса отправителя и получателя и передают сформированный пакет получателю. Заменяют адрес отправителя. У получателя выделяют адреса отправителя и получателя и сравнивают их с предварительно заданными адресами. При несовпадении принятые пакеты не анализируют, а при совпадении из принятого пакета выделяют закодированные данные и декодируют их. Заменяют адрес получателя. Затем повторно формируют исходный пакет данных у отправителя. Заявленные варианты отличаются выбором различной последовательности действий, реализующих изменение адресов корреспондирующих субъектов распределенной вычислительной сети,

и действий по маскированию интенсивности информационного графика между ними.

Недостатком данного способа является отсутствие структурного скрывает инфокоммуникационной системы.

Известен способ повышения защищенности вычислительных сетей от несанкционированных воздействий, изложенный в патенте «Способ (варианты) защиты вычислительных сетей» (RU 2307392)H04L9/32. В заявленном способе (вариантах) достигается оперативное выявление несанкционированных воздействий и снижение скорости передачи сформированных ответных пакетов сообщений согласно правилам взаимодействия. В первом варианте способа передача ответных пакетов сообщений нарушителю происходит при обращении его к реальным и ложным адресам абонентов вычислительной сети. Во втором варианте способа дополнительно происходит блокирование передачи определенных пакетов сообщений, что приводит к имитации канала связи с плохим качеством. В третьем варианте способа запоминание идентификаторов несанкционированных информационных потоков приводит к возможности выявления несанкционированных воздействий на первоначальном этапе [2].

Недостатком данного способа является отсутствие скрывает алгоритмов функционирования инфокоммуникационной системы и, как следствие, возможность выявления алгоритмов функционирования должностных лиц, работающих на ней.

Известен «Способ защиты локальной вычислительной сети при передаче сообщений электронной почты посредством глобальной информационной сети» (RU 2318296) H04L12/54. Изобретение относится к области электросвязи и может быть использовано в локальных вычислительных сетях (ЛВС) для повышения их безопасности при передаче сообщений электронной почты через глобальную информационную сеть (ГИС). Техническим результатом является повышение безопасности ЛВС за счет маскирования ее характеристик при передаче сообщений электронной почты посредством ГИС. Заявленные действия усложняют возможность деструктивных воздействий на ЛВС, что повышает безопасность ее работы. Заявленный способ обеспечивает повышение безопасности локальной вычислительной сети за счет маскирования характеристик вычислительной сети при передаче сообщений электронной почты посредством глобальной информационной сети и затрудняет преднамеренные деструктивные воздействия. Дополнительными положительными свойствами заявленного способа являются возможность регистрации признаков несанкционированного сбора информации о вычислительной сети нарушителем

посредством сервиса электронной почты и его предупреждения. Указанные команды можно отслеживать по откликам на них почтового сервера ЛВС, если предварительно задать идентификаторы этих откликов. Большое количество рапортов о доставке сообщений адресатам может служить сигналом о NDR-атаке, в этом случае необходимо задание порога срабатывания сигнализации, по количеству NDR.

Недостатком данного способа является маскирование только лишь передаваемого сообщения, а не самого канала связи и, в частности, всей системы.

Наиболее близким по своей технической сущности к искомому техническому решению является «Способ обеспечения информационной безопасности при доступе пользователя к внешним информационным ресурсам через интернет» (RU 445692)G06F17/30_. Способ-прототип обеспечения информационной безопасности при доступе пользователя к внешним информационным ресурсам через Интернет относится к электросвязи и может быть использован как средство повышения защищенности ресурсов компьютерной сети при доступе пользователя к информационным ресурсам сети общего пользования посредством сетевого соединения с использованием сетевого оборудования как в локальных, так и в глобальных компьютерных сетях, в которых связь между абонентами осуществляется путем передачи пакетов данных в соответствии со стекком коммуникационных протоколов TCP/IP. Техническим результатом является повышение защищенности ресурсов информационно-вычислительной сети за счет скрывания точки выхода в сеть общего пользования. Технический результат достигается за счет использования для доступа к сети общего пользования сети доступа на основе socks-серверов, позволяющей строить различные пути к ресурсам Интернета, динамического изменения точки выхода и пути в сеть общего пользования при доступе к сети и в момент возникновения угрозы информационной безопасности, динамического изменения параметров на средствах обеспечения информационной безопасности в случае определения в точке выхода из сети доступа угрозы информационной безопасности.

По сравнению с аналогами данный способ обеспечивает более низкую вероятность обнаружения точки выхода и пути в сеть общего пользования при доступе к сети, а также динамического изменения параметров на средствах обеспечения информационной безопасности в случае определения в точке выхода из сети доступа угрозы информационной безопасности, т.е. достигается скрытность адреса корреспондента.

Недостатком является относительно низкая защищенность от несанкционированных воздействий, признаками наличия которых являются несанкционированные ИП. Это обусловлено тем, что при определении факта наличия несанкционированного ИП в вычислительных сетях блокируется передача пакета сообщений, что является недостаточным для защиты вычислительных сетей от несанкционированных воздействий, а также не в полной мере достигается скрытность самой ИКС. Реализация указанного подхода к защите вынуждает нарушителя далее воздействовать на вычислительные сети и(или) менять стратегию воздействия.

Целью поиска новых технических решений по обеспечению структурной скрытности ИКС СН является разработка способа (вариантов) защиты вычислительных сетей, обеспечивающего повышение степени защищенности вычислительных сетей от несанкционированных воздействий, а также введение в заблуждение нарушителя относительно структуры вычислительных сетей и, в частности, алгоритмов ее функционирования, скрытия ее наличия на общем фоне Интернета.

Поставленная цель планируется быть достигнутой разработкой (выработкой) способов скрытия факта доступа ИКС СН в сеть общего пользования, созданием распределенной вычислительной сети с динамически меняющимися адресами получателей сообщений, маскирования характеристик сети на фоне маскирующих (ложных) сетей, объединенных через Интернет.

Библиографический список

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. – 3-е изд. – СПб: Питер, 2008.
2. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. – СПб.: Питер, 1999.

ПОИСК НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОТ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК

Слушатель гр. 832 В.А. Перчук

Научный руководитель – канд. техн. наук *Г.С. Колбасова*
Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Рассмотрены шесть патентов, которые относятся к электросвязи и могут быть использованные в системах защиты от компьютерных атак, осуществляемые разными способами, произведен поиск новых технических решений по защите инфокоммуникационных систем от компьютерных атак или их совершенствования.

Ключевые слова: инфокоммуникационная система специального назначения, инфокоммуникационная система, компьютерные атаки, информационная безопасность, способы защиты от компьютерных атак.

SEARCH FOR NEW TECHNICAL SOLUTION FOR PROTECTION OF COMMUNICATION SYSTEMS AGAINST CYBER ATTACKS

Listener gr. 832 V.A. Perchuk

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences *G.S. Kolbasova*
Military academy of communication im. S.M. Budennogo, St. Petersburg

On six patents which relate to telecommunications and can be used in security systems against cyber attacks in different ways and search for new technical solutions for the protection of information and communication systems from cyber attacks or improve them.

Keywords: Infocommunication system for special purposes, Infocommunication system, computer attacks, information security, ways to protect against cyber attacks.

Непрерывное развитие инфокоммуникационных систем обусловлено постоянным развитием потребностей практики в связи с общим прогрессом науки, техники и технологий.

Одновременно с этим возникает задача защиты информации, которая особенно актуальна для инфокоммуникационных систем специального назначения. Среди важнейших направлений защиты можно выделить своевременное и достоверное обнаружение и пресечение попыток несанкционированного воздействия на ресурсы инфокоммуникационных систем, реализуемых посредством компьютерных атак, программ-вирусов, программных и аппаратных закладок и т.п.

Исходя из известных возможностей противника по проведению компьютерных атак и моделей обеспечения информационной безопасности, в инфокоммуникационных системах специального назначения выявляется актуальность поиска научно-технических предложений по решению задач информационной безопасности за счет разработки и реализации методики

обнаружения компьютерных атак в инфокоммуникационных системах специального назначения.

Известно значительное количество способов и устройств по защите информации в вычислительных системах различного назначения, основанных на ограничении доступа к информации различного уровня конфиденциальности: использование паролей при входе в систему, блокировки отдельных областей памяти, применение средств криптографической защиты, подавления побочного электромагнитного излучения вычислительных устройств и каналов передачи информации.

Компьютерные сети за несколько последних десятилетий из чисто технического решения превратились в глобальное явление, развитие которого оказывает влияние на большинство сфер деятельности. Зависимость от нормальной работы сетей растет быстрее, чем сами сети. Обеспечение работоспособности сети и функционирующих в ней инфокоммуникационных систем зависит не только от надежности аппаратуры, но и зачастую от способности сети противостоять целенаправленным воздействиям, которые направлены на нарушение ее работы.

Создание информационных систем, гарантированно устойчивых к вредоносным воздействиям и компьютерным атакам, сопряжено с существенными затратами как времени, так и материальных ресурсов. Кроме того, существует известная обратная зависимость между удобством пользования системой и ее защищенностью: чем совершеннее системы защиты, тем сложнее пользоваться основным функционалом инфокоммуникационной системы.

В связи с вышеизложенным возникла необходимость определения новых технических решений по защите инфокоммуникационных систем от компьютерных атак.

Сетевые системы характерны тем, что наряду с обычными локальными атаками, осуществляемыми в пределах одной компьютерной системы, к ним применим специфический вид атак, обусловленный распределенностью ресурсов и информации в пространстве. Это так называемые сетевые, или удаленные, атаки. Под удаленной атакой на компьютерную систему здесь подразумевается информационное разрушающее воздействие на распределенную вычислительную систему (РВС), программно осуществляемое по каналам связи одним или группой людей, имеющих злой умысел. При этом часто бывает невозможно различить преднамеренные и случайные действия, и хорошая система защиты должна адекватно реагировать на любые из них.

Недостаточная защищенность наиболее распространенных операционных систем РВС и протоколов связи дает возможности осуществления различных видов удаленных атак на РВС, различающихся механизмами реализации, характерами и целями воздействия. Предварительным этапом удаленных атак обычно служит анализ сетевого трафика, то есть потока информационного обмена, который позволяет изучить логику работы распределенной вычислительной системы. Получение информации об РВС достигается злоумышленником путем перехвата и анализа передаваемых данных. Возможность перехвата данных существует вследствие того, что компоненты любой сетевой системы распределены в пространстве и связь между ними физически осуществляется при помощи сетевых соединений, для которых используются коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно и т.п.

Удаленная атака, вызывающая отказ в обслуживании, позволяет нарушить на атакованном объекте работоспособность соответствующей службы предоставления удаленного доступа либо телекоммуникационной службы, т.е. сделать невозможным получение удаленного доступа с других объектов [1].

Известен способ защиты от компьютерных атак, реализованный в патенте РФ №2179738 «Способ обнаружения удаленных атак в компьютерной сети», класс G06F 12/14 (заявл. 24.04.2000). Данный способ включает следующую последовательность действий. Наблюдение за информационным потоком адресованных абоненту ИВС пакетов сообщений, включающее постоянно возобновляемый подсчет числа пакетов, выполняемый в пределах серии пакетов, поступающих из канала связи (КС) подряд друг за другом через промежутки времени, не более заданного. При этом проверку поступающих пакетов данных на соответствие заданным правилам выполняют каждый раз, когда размер очередной наблюдаемой серии достигает критического числа пакетов.

Недостатками данного способа являются узкая область применения, что обусловлено его предназначением в основном для защиты от подмены одного из участников соединения, и недостаточная достоверность при обнаружении других типов компьютерных атак [1].

Известен способ защиты от компьютерных атак, реализованный в устройстве по патенту РФ №2219577 «Устройство поиска информации», класс G06F 17/40, опубликованном 20.10.2003. Способ заключается в том, что принимают из КС i -й пакет, где $i = 1, 2, 3, \dots$, и запоминают его. Принимают $(i + 1)$ -й пакет, запоминают его. Выделяют из заголовка i -го и $(i + 1)$ -го пакетов идентификационные признаки, анализируют их на

предмет совпадения, и по результатам анализа принимают решение о факте наличия компьютерной атаки.

Недостатком данного способа является относительно низкая устойчивость функционирования ИВС в условиях воздействия компьютерных атак, связанная с тем, что сравнением двух пакетов сообщений – последующего и предыдущего, распознается только одно семейство компьютерных атак – «шторм» ложных запросов на установление соединения, тогда как компьютерные атаки других типов, обладающие высокими деструктивными возможностями, не распознаются [2].

Также существует «Способ защиты информационно-вычислительных сетей от компьютерных атак» по патенту RU №2285287, МПК G06F 12/14 H06F 12/22 (опубл. 10.10.2006 г., бюл. № 28). Способ заключается в следующих действиях: принимают i -й пакет сообщения из канала связи, где $i = 1, 2, 3, \dots$, запоминают его, принимают $(i + 1)$ -й пакет сообщения, запоминают его, выделяют из запомненных фрагментированных пакетов сообщений характеризующие их параметры, вычисляют необходимые параметры для сравнения принятых фрагментированных пакетов и по результатам сравнения принимают решение о факте наличия или отсутствия компьютерной атаки.

Недостатком этого способа является относительно низкая достоверность обнаружения компьютерных атак, обусловленная тем, что определяются только активные компьютерные атаки, что может привести к перехвату передаваемых данных в информационно-вычислительную сеть по внешней сети [3].

Известен также «Способ обработки сетевых пакетов для обнаружения компьютерных атак» (патент РФ № 2304302, МПК G06F12/14, H04L12/66, опубл. 10.08.2007 г., бюл. №22). Это способ защиты вычислительных сетей от несанкционированного сканирования и блокирования сетевых служб, заключающийся в том, что для защиты вычислительных сетей используют шлюз-компьютер с межсетевым экраном, устанавливаемый на каналах связи защищаемой сети с другими сетями [4].

Также известным является устройство обнаружения удаленных атак на автоматизированные системы по патенту РФ №2321052 «Способ обнаружения удаленных атак на автоматизированные системы (класс G06F 12/14 от 27.03.2008), содержащий блок хранения эталонов известных атак и необходимых коэффициентов, блок приема адресованных абоненту пакетов данных, блок контроля правильности фрагментации пакета, блок проверки поступающих пакетов данных на соответствие заданным правилам, блок реагирования для принятия мер защиты от атаки, причем вход

блока приема связан с каналом связи, его выход соединен с входом блока контроля правильности фрагментации пакета, выход которого соединен с входом блока проверки на соответствие заданным правилам, выход блока хранения эталонов соединен с входом блока проверки по заданным правилам, выход блока проверки по заданным правилам соединен с входом блока реагирования, а выход блока реагирования соединен с входом блока приема пакетов.

Однако в известном устройстве обнаружения удаленных атак на автоматизированные системы отсутствует возможность контроля очередей пакетов, которые создаются и заполняются фрагментированными пакетами, вследствие этого очереди могут привести к переполнению буфера фрагментированных пакетов [5].

Одним из способов защиты информационно-вычислительных сетей от компьютерных атак по патенту RU №2483348, МПК G06F 12/14 (опубл. 27.05.2013 г., бюл. №15) является способ, обеспечивающий повышение достоверности обнаружения компьютерных атак на информационно-вычислительную сеть за счет определения информации о ведении всех видов компьютерных атак, в том числе и пассивных, путем передачи проверочных пакетов и анализа ответных пакетов от маршрутизаторов внешней сети, используемых на маршруте передачи пакетов сообщения [6].

В целях обеспечения информационной безопасности Российской Федерации нужно определить основные задачими государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации:

а) прогнозирование ситуации в области обеспечения информационной безопасности Российской Федерации;

б) обеспечение взаимодействия владельцев информационных ресурсов Российской Федерации, операторов связи, иных субъектов, осуществляющих лицензируемую деятельность в области защиты информации, при решении задач, касающихся обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак;

в) осуществление контроля степени защищенности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации от компьютерных атак;

г) установление причин компьютерных инцидентов, связанных с функционированием информационных ресурсов Российской Федерации [7].

Современный подход к построению систем обнаружения сетевых вторжений и выявления признаков компьютерных атак на инфокоммуникационные системы специального назначения полон недостатков

и уязвимостей, позволяющих, к сожалению, злонамеренным воздействиям успешно преодолевать системы защиты информации. Переход от поиска сигнатур атак к выявлению предпосылок возникновения угроз информационной безопасности должен способствовать тому, чтобы в корне изменить данную ситуацию, сократив дистанцию отставания в развитии систем защиты от систем их преодоления.

Кроме того, такой переход должен способствовать повышению эффективности управления информационной безопасностью и, наконец, более конкретным примером применения нормативных и руководящих документов, уже ставших стандартами.

Библиографический список

1. Вильчевский Н.О., Заборовский В.С., Клавдиев В.Е., Лопота В.А., Маленкова А.В. Способ обнаружения удаленных атак в компьютерной сети. Патент РФ №2179738, класс G06F 12/14, заявл. 24.04.2000.

2. Ксенз Е.С., Липатников В.А., Максимов Р.В., Стародубцев Ю.И., Федяков Е.Г., Хлыбов Д.Л. Устройство поиска информации. Патент РФ №2219577, МПК G06F 17/40. Оpubл. 20.10.2003 г.

3. Куликов О.Е., Липатников В.А., Максимов Р.В., Можяев О.А. Способ защиты информационно-вычислительных сетей от компьютерных атак. Патент RU №2285287, МПК G06F 12/14 H06F 12/22. Оpubл. 10.10.2006 г., бюл. №28.

4. Аграновский А.В., Алиев А.Т., Репалов С.А., Селин Р.Н., Хади Р.А. Способ обработки сетевых пакетов для обнаружения компьютерных атак. Патент РФ № 2304302, МПК G06F12/14, H04L12/66, опубл. 10.08.2007 г., бюл. №22.

5. Борисенков А.С., Васинев Д.А. Способ обнаружения удаленных атак на автоматизированные системы. Патент РФ №2321052, МПК G06F 12/14. Оpubл. 27.03.2008 г.

6. Адрианов В.И., Бухарин В.В., Кирьянов А.В., Липатников В.А., Санин И.Ю., Сахаров Д.В., Стародубцев Ю.И. Способ защиты информационно-вычислительных сетей от компьютерных атак. Патент РФ №2483348, МПК G06F 12/14. Оpubл. 27.05.2013 г., бюл. №15.

7. Указ Президента Российской Федерации от 15.01.2013 г. №31. Установление причин компьютерных инцидентов, связанных с функционированием информационных ресурсов Российской Федерации. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс.

ЗАЩИТА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОТ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОГРАММНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Слушатель гр. организации связи и защиты информации
в информационно-телекоммуникационных системах

В.Ч. Янушкевич

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент *М.В. Митрофанов*
Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург

Рассмотрены вопросы защиты инфокоммуникационных систем специального назначения, выработки методик и предложений по ее совершенствованию.

Ключевые слова: защита инфокоммуникационных систем, Интернет, информационная безопасность.

INFOCOMMUNICATION PROTECTION SYSTEMS SPECIAL PURPOSE OF DESTRUCTIVE EFFECTS SOFTWARE

listener group communications and information security in
information-telecommunication systems **V.Ch. Yanushkevich**

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,

Associate Professor *M.V. Mitrofanov*

Military academy of communication im. S.M. Budennogo, St. Petersburg

Consideration to the protection of information and communication systems for special purposes, the development of techniques and suggestions on how to improve.

Keywords: protection of information and communication systems, Internet, information security.

Современный этап развития мировой цивилизации характеризуется переходом от индустриального общества к информационному, в котором предполагается наличие новых форм социальной и экономической деятельности, которые базируются на массовом использовании информационных и телекоммуникационных технологий.

В наше время развитие инфокоммуникационных услуг осуществляется в основном в рамках Интернета, доступ к услугам которого обеспечивается через традиционные сети связи. В то же время в ряде случаев услуги Интернета ввиду ограниченных возможностей транспортной инфраструктуры не отвечают современным требованиям, предъявляемым к услугам информационного общества. В связи с этим развитие инфокоммуникационных услуг требует решения задач эффективного управления информационными ресурсами с одновременным расширением функциональности сетей связи.

Принимая во внимание особенности инфокоммуникационных услуг, перспективные сети связи должны обладать свойствами:

- мультисервисности (независимости технологий предоставления услуг от транспортных технологий);
- широкополосности (возможности гибкого и динамического изменения скорости передачи информации в широком диапазоне);
- мультимедийности (способности передачи многокомпонентной информации (речь, данные, видео, аудио));
- интеллектуальности (возможности управления услугой, вызовом и соединением со стороны пользователя или поставщика услуг);
- инвариантности доступа (возможности организации доступа к услугам независимо от используемой технологии);
- многооператорности (возможности участия нескольких операторов в процессе предоставления услуги и разделения их ответственности в соответствии с их областью деятельности).

Одним из решений задач эффективного управления информационными ресурсами с одновременным расширением функциональности сетей связи является инфокоммуникационная сеть.

Инфокоммуникационная сеть – это технологическая система, которая включает в себя кроме средств доставки также средства хранения, обработки и поиска информации и предназначена для обеспечения пользователей электрической связью и доступом к необходимой им информации.

В соответствии с Доктриной информационной безопасности Российской Федерации «современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью информационной сферы, представляющей собой совокупность информации, информационной инфраструктуры, субъектов, осуществляющих сбор, формирование, распространение и использование информации, а также системы регулирования возникающих при этом общественных отношений. Информационная сфера, являясь системообразующим фактором жизни общества, активно влияет на состояние политической, экономической, оборонной и других составляющих безопасности Российской Федерации. Национальная безопасность Российской Федерации существенным образом зависит от обеспечения информационной безопасности, и в ходе технического прогресса эта зависимость все возрастает» [1].

Обмен информацией в ходе общественных отношений в интересах национальной безопасности Российской Федерации осуществляется по инфокоммуникационным сетям специального назначения.

В связи с этим в значительной степени возрастают угрозы безопасности не только информационным ресурсам, но и телекоммуникационным средствам и системам, как уже развернутым, так и создаваемым на территории России.

В данном докладе рассматривается вопрос защиты инфокоммуникационных сетей специального назначения, а именно сетей военной связи от деструктивных программных воздействий.

Сеть (система) военной связи является важнейшей составной частью, материально-технической основы системы управления войсками (силами), разведкой, связью, оружием, огневым поражением и другими видами военного управления [5, с. 72].

Простейшая сеть связи представляет собой совокупность средств и линий связи. Следовательно, основными элементами сети связи, которые подвергаются деструктивным программным воздействиям, являются средства связи. В сети военной связи основными средствами связи являются технические средства (радиоэлектронные), осуществляющие передачу и (или) прием сообщений, обработку, отображение, хранение и обновление информации в системе военной связи (управления военной связью). Исходя из вышеперечисленного, основной задачей защиты инфокоммуникационных сетей специального назначения будет защита технических средств, работающих в условиях деструктивных программных воздействий. Основными видами деструктивных программных воздействий являются:

- несертифицированное программное обеспечение;
- воздействие программных вирусов;
- воздействие программных закладок;
- сетевые воздействия ДОС атак.

В соответствии с предъявляемыми к инфокоммуникационной сети специального назначения (сети военной связи) требованиями по качеству предоставляемых услуг, защищенности и эффективности функционирования и реализуемых направлениях атак (ГОСТ Р ИСО 7498) предлагаются следующие принципы построения защищенной инфокоммуникационной сети. Общий вид защищенной инфокоммуникационной сети специального назначения и направления атак изображен на рис. 1.

Инфокоммуникационные сети специального назначения (сети военной связи) представляют интерес для различного рода нарушителей, которые могут иметь самые различные цели: проверить свои силы (без корыстных целей и злых умыслов), нарушить работу телекоммуникационной и/или информационной составляющих. Всех нарушителей можно разделить на две категории: внутренние и внешние.

Внутренними нарушителями считаются должностные лица, находящиеся в контролируемой зоне, включая легитимных пользователей сети, обслуживающий персонал, который имеет доступ к телекоммуникационному оборудованию и/или информационным ресурсам и т.д. В связи

с тем, что сеть военной связи является сетью специального назначения, все должностные лица и обслуживающий персонал, имеющий доступ к оборудованию и информации, считаются доверенными. Доступ посторонних лиц (ремонтные бригады, проверочные комиссии и т.д.) в контролируруемую зону осуществляется только в сопровождении доверенных должностных лиц. Нарушения пользователей данной категории носят непреднамеренный характер: попытка соединения с абонентом другой рабочей группы, выход за границы временного регламента работы, попытка доступа к неразрешенным службам и услугам сети.

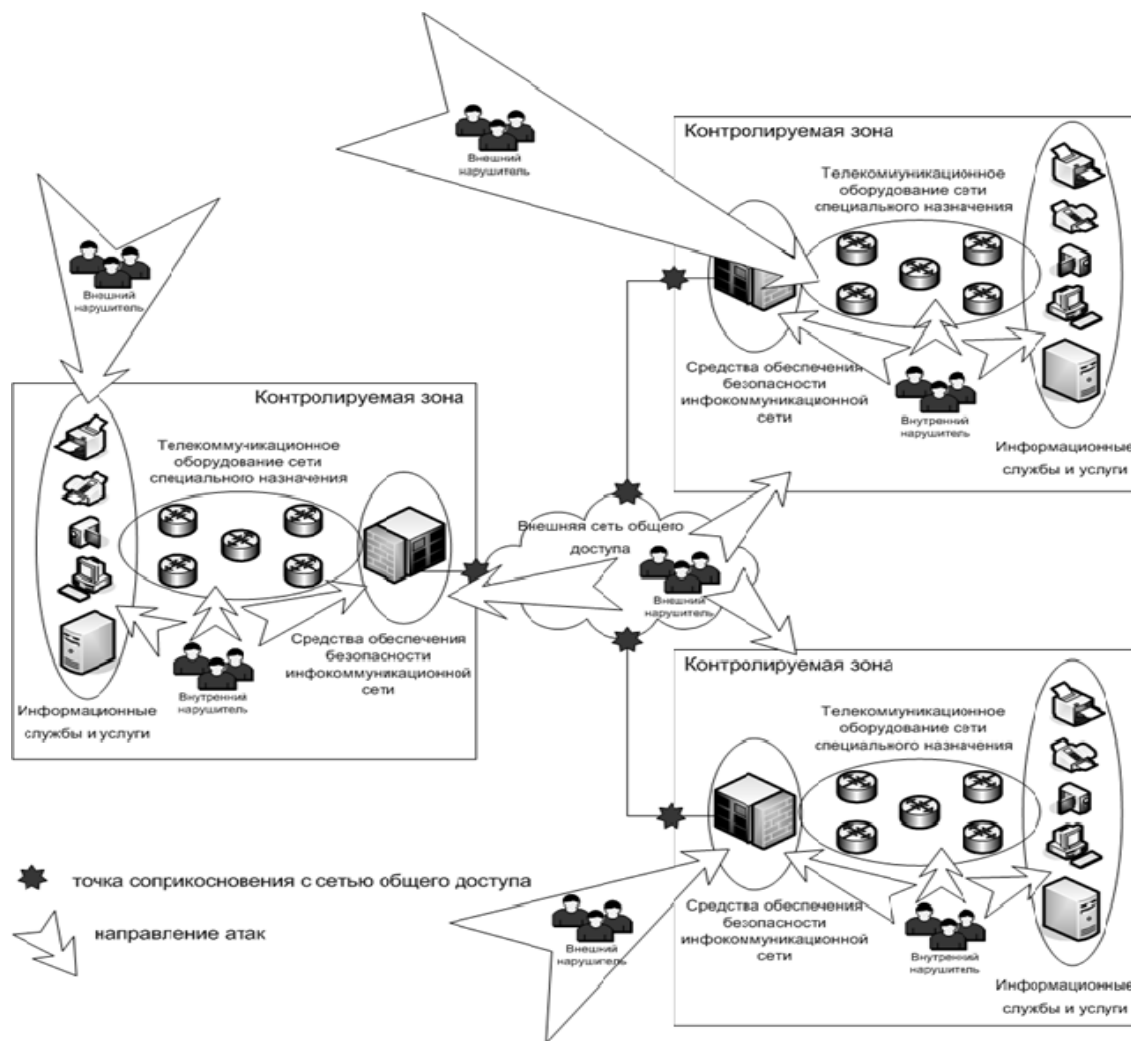


Рис. 1. Защищенная инфокоммуникационная сеть специального назначения и воздействующие на нее направления атак (деструктивных программных воздействий)

От внутренних нарушителей, которые становятся таковыми непреднамеренно, используются средства защиты, встроенные в телекоммуникационное оборудование сети специального назначения (рисунок). К таким средствам защиты относятся:

- идентификация и аутентификация;
- фильтрация по адресам;
- фильтрация по времени;
- фильтрация по используемым протоколам и портам.

Все факты несанкционированных действий должны быть зафиксированы и переданы соответствующим подразделениям для выяснения всех подробностей произошедшего инцидента.

Защита от таких внутренних угроз, как:

- разглашение защищаемой информации;
- обработка информации на незащищенных технических средствах;
- несанкционированный доступ, в том числе изменение и копирование;
- ошибки должностных лиц при эксплуатации технических средств и систем защиты, предполагает неумышленное нанесение ущерба пункту управления и поэтому должна в большей степени осуществляться организационными, а не техническими мерами.

Внешними нарушителями считаются лица, находящиеся вне контролируемой зоны и не являющиеся пользователями или обслуживающим персоналом инфокоммуникационной сети специального назначения. К данной категории нарушителей относятся хакеры, конкуренты, разведподразделения иностранных спецслужб и др.

Эта категория нарушителей является наиболее опасной. У них могут быть сведения о топологии сети, используемом телекоммуникационном оборудовании, средствах обеспечения безопасности, адресном пространстве, имеющихся информационных ресурсах и т.д. Все эти сведения упрощают задачи нарушения конфиденциальности, целостности и доступности информации, а также нормального функционирования телекоммуникационной составляющей.

Внешние нарушители могут использовать различные методы достижения своих целей:

- подслушивание и визуальное наблюдение;
- побочные электромагнитные излучения и наводки;
- атаки из арендуемых каналов связи;
- перехват и изменение циркулирующего в сети трафика и т.д.

От различного рода наблюдений, излучений и наводок защита производится с помощью соответствующих мер противодействия: физическая охрана, аттестация помещений, проверка оборудования на наличие программно-аппаратных закладок, использование различного рода «глушилок» и т.д.

От всех внешних нарушителей, пытающихся установить соединение с легитимным пользователем или получить доступ к информационным

ресурсам сети специального назначения, защита производится расположенным на границе с сетью общего доступа устройством защиты. Оно выполняет функции межсетевого экрана, криптозащиты и туннелирования. Все части распределенной инфокоммуникационной сети между собой объединены криптиотуннелями. Данный комплекс мер защиты предотвращает возможность:

- анализа внутренней адресной структуры сети;
- нарушения конфиденциальности передаваемой информации;
- нарушения целостности передаваемой информации;
- анализа частоты взаимодействия различных пользователей и использования ими служб и услуг инфокоммуникационной сети;
- проникновения «вирусов» из внешней сети общего доступа и т.д.

От повторного ввода из открытых каналов связи уже переданных сообщений используется механизм имитовставки. Имитовставка формируется на передающей стороне упомянутым устройством защиты. На приемной стороне она проверяется, и в случае повторной доставки данного сообщения оно просто удаляется, а факт самого события заносится в журнал.

Исходя из вышеперечисленного и с учетом прогрессивно развивающихся методов и способов воздействия внешних нарушителей на работу телекоммуникационной и/или информационной составляющих, по-прежнему актуальным остается решение вопроса защиты инфокоммуникационных сетей специального назначения как от внутренних, так и от внешних деструктивных программных воздействий.

Одним из методов решения данного вопроса будет являться разработка методики оценки функционирования инфокоммуникационной системы специального назначения в условиях деструктивных программных воздействий, на основании которой будут выработаны практические рекомендации по реализации данной оценки, а точнее, разработаны предложения по изменению (дополнению) руководящих документов, в вопросах защиты информации; разработаны инструкции должностным лицам, ответственным за защиту информации инфокоммуникационной системы специального назначения; разработаны предложения по программно-аппаратному обеспечению пункта контроля безопасности связи.

Результатом решения защиты инфокоммуникационных сетей специального назначения как от внутренних, так и от внешних деструктивных программных воздействий будет являться решение главных специфических направлений совершенствования системы обеспечения информационной безопасности Российской Федерации в сфере обороны, таких как:

- систематическое выявление угроз и их источников, структуризация целей обеспечения информационной безопасности в сфере обороны и определение соответствующих практических задач;
- проведение сертификации общего и специального программного обеспечения, пакетов прикладных программ и средств защиты информации в существующих и создаваемых автоматизированных системах управления военного назначения и системах связи, имеющих в своем составе элементы вычислительной техники;
- постоянное совершенствование средств защиты информации от несанкционированного доступа, развитие защищенных систем связи и управления войсками и оружием, повышение надежности специального программного обеспечения;
- совершенствование структуры функциональных органов системы обеспечения информационной безопасности в сфере обороны и координация их взаимодействия;
- совершенствование приемов и способов стратегической и оперативной маскировки, разведки и радиоэлектронной борьбы, методов и средств активного противодействия информационно-пропагандистским и психологическим операциям вероятного противника;
- подготовка специалистов в области обеспечения информационной безопасности в сфере обороны [1].

Библиографический список

1. Доктрина информационной безопасности (от 9 сентября 2000 г.) № ПР-1895. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс.
2. Скудис Эд. Противостояние хакерам. Пошаговое руководство по компьютерным атакам и эффективной защите. – М.: ДМК Пресс, 2003.
3. Анин Б.Ю. Защита компьютерной информации. – СПб.: БХВ, 2000.
4. Федеральный закон «О связи» (2003 г.). Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс.
5. Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: учебник. Ч. 1: Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. – СПб.: ВАС, 2005. – 740 с.
6. Защита информации в системах и сетях управления и связи / под ред. В.С. Киреева. – СПб.: ВУС, 2005. – 316 с.
7. Дементьев В.Е., Коцыняк М.А., Стародубцев Ю.И. Комплексная защита информации в локальных вычислительных сетях. – СПб.: ВАС, 2010. – 436 с.

СКРЫТЫЕ КАНАЛЫ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Магистрант ТК-13-1м К.А. Шарова

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

В данной статье рассматриваются понятие «скрытый канал», виды скрытых каналов. Рассмотрена реализация скрытого канала, функционирующего в рамках беспроводных сетевых ИУС, использующих на физическом уровне технологию CDMA. Рассчитаны его основные технические характеристики.

Ключевые слова: информационная безопасность; информационная система; скрытые каналы; CDMA.

Undergraduate Student TK-13-1M K.A. Sharova

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor *I.I. Bezukladnikov*
Perm National Research Polytechnic University

This article discusses the concept of a covert channels, types of covert channels. The realization of a covert channel, operating within the framework of wireless network information and control systems using the physical layer technology CDMA. Calculated its basic specifications.

Keywords: Information security; information system; covert channel; CDMA.

В последнее время все большее внимание начинает уделяться проблемам информационной безопасности (ИБ) в сложных информационно-управляющих системах (ИУС). Особенно актуальна проблема ИБ для распределенных ИУС, в которых, как правило, отследить наличие или отсутствие на всех узлах системы программно-аппаратных агентов, используемых злоумышленником для осуществления атаки, не представляется возможным для требуемого уровня достоверности либо является экономически нецелесообразным. При этом из-за специфики используемых форматов и протоколов передачи данных в подобных системах для осуществления успешной атаки, как правило, достаточно осуществить передачу очень небольшого объема информации. Разработка же в настоящее время стандартов ИБ для распределенных ИУС, таких как NIST draft 800-82, побуждает злоумышленников как к поискам альтернативных путей внедрения в системы, так и способов передачи информации действующим в системе нелегальным программным или аппаратным агентам. Особый интерес в этом свете представляют методы незаметного для действующих средств ИБ обмена нелегальной информацией, носящие общее название «скрытые каналы (СК)».

Попытки скрыть сам факт передачи информации имеют длинную историю. Способы сокрытия самого факта передачи информации получили

название «стеганография». Исторически для стеганографии применялись «невидимые» чернила, точечные фотовставки и т.д. Данное направление получило вторую жизнь в наше время в связи с широким использованием сетей передачи данных.

Впервые понятие скрытого канала было введено в работе Лэмпсона в 1973 году. Канал называется скрытым, если он не проектировался, не предполагался для передачи информации в электронной системе обработки данных. Таким образом, термин «скрытые каналы» больше относится к внутрикомпьютерным телекоммуникациям.

Классификация скрытых каналов

СК по механизму передачи информации подразделяют:

- на СК по памяти;
- СК по времени;
- скрытые статистические каналы.

СК по памяти основаны на наличии памяти, в которую передающий субъект записывает информацию, а принимающий – считывает ее.

Скрытость каналов по памяти определяется тем, что сторонний наблюдатель не знает того места в памяти, где записана скрываемая информация. СК по памяти предполагают использование ресурсов памяти, однако способ использования памяти не учитывается разработчиками системы защиты и поэтому не может выявляться используемыми средствами защиты.

СК по времени предполагают, что передающий информацию субъект модулирует с помощью передаваемой информации некоторый изменяющийся во времени процесс, а субъект, принимающий информацию, в состоянии демодулировать передаваемый сигнал, наблюдая несущий информацию процесс во времени. Например, в многозадачной операционной системе (ОС) центральный процессор является разделяемым информационно-вычислительным ресурсом для прикладных программ. Модулируя время занятости процессора, приложения могут передавать друг другу нелегальные данные.

Скрытый статистический канал использует для передачи информации изменение параметров распределений вероятностей любых характеристик системы, которые могут рассматриваться как случайные и описываться вероятностно-статистическими моделями.

Скрытость таких каналов основана на том, что получатель информации имеет меньшую неопределенность в определении параметров распределений наблюдаемых характеристик системы, чем наблюдатель, не имеющий знаний о структуре СК.

СК по памяти, в свою очередь, подразделяют на:

- СК, основанные на сокрытии информации в структурированных данных;
- СК, основанные на сокрытии информации в неструктурированных данных.

СК, основанные на сокрытии информации в структурированных данных, используют встраивание данных в информационные объекты с формально описанной структурой и формальными правилами обработки. Например, внутренний формат файлов, используемых современными текстовыми процессорами, содержит ряд полей, не отображаемых при редактировании файла, поэтому они могут быть использованы для вставки скрытой информации.

СК, основанные на сокрытии информации в неструктурированных данных, используют встраивание данных в информационные объекты без учета формально описанной структуры (например, запись скрытой информации в наименее значимые биты изображения, не приводящая к видимым искажениям изображения).

СК по пропускной способности подразделяют:

- на канал с низкой пропускной способностью;
- канал с высокой пропускной способностью.

СК является каналом с низкой пропускной способностью, если его пропускной способности достаточно для передачи ценных информационных объектов минимального объема (например, криптографические ключи, пароли) или команд за промежуток времени, на протяжении которого данная передача является актуальной.

СК является каналом с высокой пропускной способностью, если его пропускная способность позволяет передавать информационные объекты среднего и большого размера (например, текстовые файлы, изображения, базы данных) за промежуток времени, на протяжении которого данные информационные объекты являются ценными.

Таким образом, для успешного исследования проблемы скрытых каналов в ИУС в первую очередь необходимо обеспечить реализацию системного подхода, включающего в себя следующие этапы:

- определение общей, не зависящей от предметной области, терминологии;
- определение формальных, не зависящих от предметной области, необходимых условий существования скрытого канала;
- создание общей классификации известных методов реализации скрытых каналов;

– создание универсальной методики синтеза скрытых каналов в произвольных системах.

Поскольку вопросы терминологии, определения необходимых условий и классификации скрытых каналов уже рассматривались в предыдущих работах авторов, то в рамках настоящей статьи будут рассмотрены основные этапы синтеза скрытых каналов в произвольных системах. При этом в качестве примера будет рассмотрена реализация скрытого канала, функционирующего в рамках беспроводных сетевых ИУС, использующих на физическом уровне технологию CDMA, и рассчитаны его основные технические характеристики.

В общем виде для создания скрытого канала необходимо выполнить следующие основные этапы:

1. Проанализировать принцип действия и особенности технологии, используемой на соответствующем уровне легальной системы. Предложить принцип, который может быть использован для скрытого переноса информации.

2. Оценить действующую политику информационной безопасности, и выделить ее аспекты, относящиеся к выбранному уровню, а также выделить иные действующие в системе ограничения, препятствующие реализации скрытой передачи информации при помощи предлагаемого принципа.

3. Проанализировать выполнение необходимых условий существования скрытого канала.

4. Предложить конкретную реализацию скрытого канала, использующего предлагаемый принцип передачи информации.

5. Оценить основные технические характеристики полученной реализации скрытого канала

Построение скрытого канала, использующего технологию CDMA

Анализ особенностей технологии CDMA. Основой технологии CDMA является использование метода DSSS (метода прямой кодовой последовательности) для расширения спектра сигналов. Каждый передаваемый информационный бит (логический 0 или 1) модулируется последовательностью из N так называемых чипов. Чиповые последовательности, встраиваемые в информационные биты, называют шумоподобными кодами (PN-последовательности), что подчеркивает то обстоятельство, что результирующий сигнал становится шумоподобным и его трудно отличить от естественного шума. Сигнальная диаграмма типового передатчика и приемника стандарта CDMA приведены на рис. 1, 2. С целью упрощения в дальнейшем мы будем представлять соответствующие сигнальные диаграммы в цифровом виде.

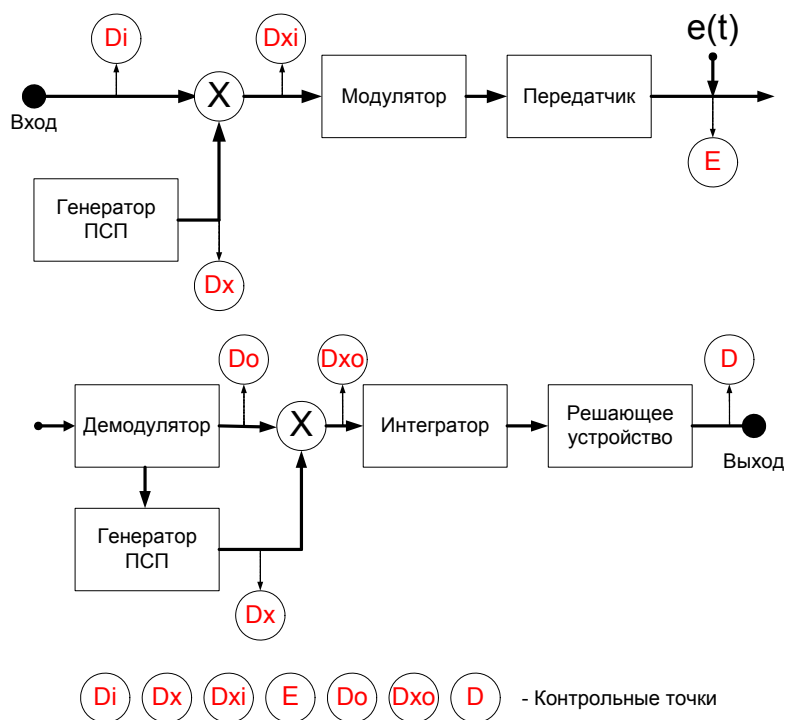


Рис. 1. Блок-схема типового передатчика и приемника стандарта CDMA

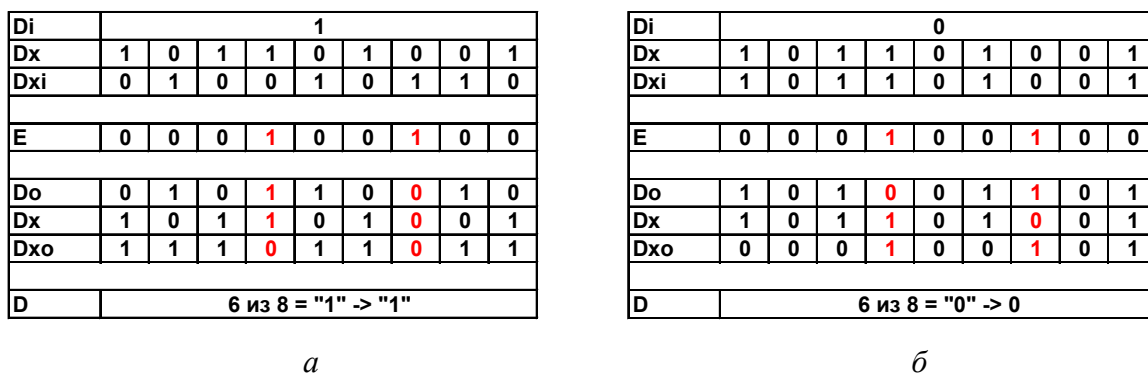


Рис. 2. Сигнальные диаграммы передачи и приема логического «0» и «1», с учетом воздействия на них помехи: D_i – исходный сигнал на входе передатчика; D_x – расширяющая (чиповая) последовательность с частотой в $N = 8$ раз выше D_i ; D_{xi} – расширенный сигнал; E – вектор ошибок в цифровом канале связи; D_o – искаженный сигнал на входе приемника; D_{xo} – сигнал на входе интегратора; D – принятая информация

На рис. 2, *a*, *б* представлены сигнальные диаграммы передачи и приема логического «0» и «1» с учетом воздействия на них помехи. Коэффициент расширения в примере, указанном на рис. 2, равен 8. В системе используется мажоритарное декодирование, пороговым значением для вынесения решения в пользу передачи «0» или «1» в настоящем примере является 3. В этом случае такое декодирование позволяет гарантированно исправлять трехкратную ошибку.

На основании анализа приведенных на рис 1, 2. процессов с точки зрения возможностей скрытой передачи информации можно сделать следующие выводы:

– внесение изменений в расширенный сигнал (D_{xi}) не приводит к изменению передаваемого легального сигнала в случае, если эти изменения находятся в рамках корректирующей способности мажоритарного декодирования;

– скрытая информация в таком случае может быть передана путем ее вставки в расширенный легальный сигнал. С точки зрения декодера это будет интерпретировано как увеличение кратности ошибок.

Возможности такой скрытой передачи данных будут ограничиваться параметрами мажоритарного декодирования, а также факторами, влияющими на количество ошибок в канале связи.

Анализ особенностей политики информационной безопасности. В настоящее время в используемых для подобного класса систем типовых политиках информационной безопасности отсутствуют положения, относящиеся к противодействию НСД, осуществляемому при помощи метода скрытых каналов. Тем не менее, несмотря на их отсутствие, в некоторых случаях в системе могут существовать ограничения, которые не позволят организовать тот или иной тип скрытого канала либо затруднят его функционирование. Кроме того, нарушение каких-либо контролируемых параметров системы может привести к ее детальной проверке и, как следствие, выявлению скрытого канала. К таким параметрам можно отнести коэффициент битовых/символьных ошибок, задержку при передаче/приеме сигнала, вариацию времени задержки сигнала, изменение скорости передачи, ограниченность аппаратных ресурсов и т.д.

На основании анализа приведенных на рис 1, 2 процессов с точки зрения возможностей скрытой передачи информации можно сделать следующие выводы:

– в типовых политиках ИБ отсутствуют правила и нормы, обеспечивающие контроль и противодействие скрытым каналам, функционирующим на физическом уровне;

– в системе могут существовать дополнительные ограничения, препятствующие организации скрытого канала. Такие ограничения зависят от области применения системы и должны быть сформулированы применительно к ее конкретной реализации.

Анализ выполнимости необходимых условий реализации СК. Для создания скрытого канала любого типа необходимо обеспечить следующие необходимые условия:

1. Для каждого из участников обмена информацией по скрытому каналу должен существовать информационный ресурс, недоиспользованности которого достаточно для формирования приемного (далее A) и передающего (далее B) алфавита мощностью не менее 2.

2. Для пары участников должны существовать следующие отображения:

а) для одностороннего канала $f:A_1 \rightarrow B_2, |f(a)| \geq 2$;

б) для двустороннего канала $f:A_1 \rightarrow B_2, g:A_2 \rightarrow B_1, |f(a)| \geq 2, |g(b)| \geq 2$.

3. Скрытый обмен информацией между участниками не противоречит действующей в системе политике безопасности

Рассмотрим выполнение необходимых условий для описываемого скрытого канала:

1. Как показано выше, для передачи скрытой информации предполагается использовать вставку скрытых сообщений в один или несколько битов расширяющей последовательности. При этом использование даже однобитовой вставки порождает алфавит мощностью 2. Прием и передача информации предполагаются с использованием одних и тех же принципов, поэтому данное утверждение справедливо как для приемного, так и для передающего алфавита, т.е.

$|A| = |B| \geq 2$. Условие выполняется.

2. С целью выполнения условия примем, что в описываемой реализации скрытого канала обе стороны обмена скрытой информацией для приема и передачи будут использовать общий алфавит, т.е.

$A_1 = B_2, A_2 = B_1$. Условие выполняется.

3. Как показано выше, скрытый обмен информацией на физическом уровне рассматриваемой системы не покрывается типовыми политиками ИБ. Будем также считать, что в системе отсутствуют какие-либо дополнительные ограничения, препятствующие созданию СК.

Условие выполняется.

Таким образом, можно сделать вывод, что все необходимые для реализации СК условия удовлетворены.

Пример реализации скрытого канала, использующего описанный принцип. Перенос информации по скрытому каналу в предлагаемом варианте его реализации обеспечивается за счет ее внедрения в передаваемый расширенный поток данных. При этом в момент внедрения данные скрытого канала заменяют данные, передаваемые по легальному каналу. Блок-схема модифицированного приемника и передатчика показана на рис. 3.

Критерием, обуславливающим успешное декодирование такого модифицированного сигнала, является сохранение достаточного числа

чипов (элементарных «1» или «0»), получающихся при расширении исходного сигнала) для успешного мажоритарного декодирования на приемной стороне. Максимальное теоретически возможное число таких модификаций за период передачи одного байта исходного сигнала зависит от коэффициента расширения и помех в канале связи. При отсутствии помех эта величина равна $N/2 - 1$, где N – коэффициент расширения.

Чтобы обеспечить успешное выделение информации, передаваемой через скрытый канал, на приемной стороне необходимо организовать синхронизацию моментов вставки и выделения скрытой информации в легальный поток данных. Для этого авторами предлагается осуществить привязку таких моментов к моментам, связанным с выполнением определенных условий для расширяющей последовательности X_i , так как обеспечение ее синхронизации является одним из необходимых условий успешной передачи информации по легальному каналу. В качестве примеров таких условий авторами предлагаются следующие:

- вставка скрытой информации производится в каждый i чип последовательности ($1 < i < N$);

- вставка скрытой информации производится всякий раз, когда происходит совпадение некоего шаблона (группы шаблонов) определенной длины с фрагментом расширяющей последовательности X_i .

При выполнении условия синхронизации кодирование и восстановление сигнала, содержащего скрытое сообщение, происходят следующим образом (рис.4, а, б).

Поскольку при таком способе передачи скрытой информации помехоустойчивость, обеспечиваемая для легального канала, не действует на информацию, передаваемую по скрытому каналу, авторами предлагается использовать для скрытого канала один из методов помехоустойчивого кодирования. Так, в настоящем примере для этих целей будет использоваться многократное дублирование передаваемой через скрытый канал информации.

Перенос информации по скрытому каналу в предлагаемом варианте его реализации обеспечивается за счет ее внедрения в передаваемый расширенный поток данных. При этом в момент внедрения данные скрытого канала заменяют данные, передаваемые по легальному каналу. Блок-схема модифицированного приемника и передатчика показана на рис. 3.

Критерием, обуславливающим успешное декодирование такого модифицированного сигнала, является сохранение достаточного числа чипов (элементарных «1» или «0»), получающихся при расширении (рис. 4).

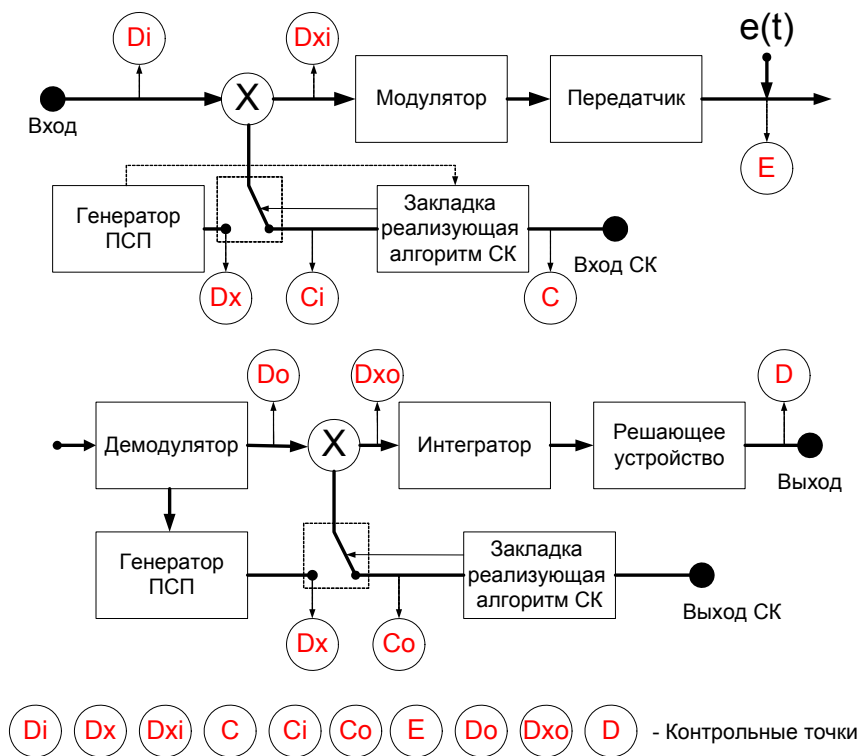


Рис. 3. Блок-схема модифицированного приемника и передатчика

Di	1									
Dx	1	0	1	1	0	1	0	0	1	
C	1									
Ci	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Dxi	0	1	0	0	1	0	1	1	0	
E	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
Do	0	1	0	1	1	0	0	1	0	
Dx	1	0	1	1	0	1	0	0	1	
Co	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Dxo	1	1	1	0	1	1	0	1	1	
D	6 из 8 = "1" -> "1"									

Di	1									
Dx	1	0	1	1	0	1	0	0	1	
C	0									
Ci	-	-	-	-	0	-	-	-	-	
Dxi	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
E	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
Do	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
Dx	1	0	1	1	0	1	0	0	1	
Co	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
Dxo	1	1	1	0	0	1	0	1	1	
D	5 из 8 = "1" -> 1									

Рис. 4. Выполнение условия синхронизации кодирования и восстановления сигнала, содержащего скрытое сообщение:

Di – исходный сигнал на входе передатчика; Dx – расширяющая (чиповая) последовательность с частотой в $N = 8$ раз выше Di; C – сигнал на входе скрытого канала; Ci – сигнал, подготовленный для вставки в информационный поток; Dxi – расширенный сигнал; E – вектор ошибок в цифровом канале связи; Do – искаженный сигнал на входе приемника; Co – сигнал на выходе скрытого канала; Dxo – сигнал на входе интегратора; D – принятая информация

В общем виде скрытые каналы представляют собой методы передачи нелегальной информации незаметно для действующих средств ИБ. К сожалению, в настоящий момент существует терминологическая и понятийная путаница в вопросе определения понятия «скрытый канал». Одни и те же сущности в различной литературе называются отличными друг от

друга наименованиями. «Скрытые каналы, потайные, побочные каналы, стегоканалы и сублимационные каналы» – это лишь малая часть используемых вариантов. Поэтому во избежание терминологической путаницы в рамках работы предлагается дать некоторые определения.

Предлагается считать, что *скрытые каналы – разновидность стеганографии*. При этом для выделения скрытых каналов в отдельный класс будем считать, что стеганография рассматривает вопросы скрытой передачи информации в пользовательских сообщениях, *скрытые каналы – вопросы скрытой передачи с использованием особенностей всей подлежащей транспортной инфраструктуры*.

Принцип функционирования скрытого канала заключается в передаче дополнительных объемов информации параллельно открытому каналу, за счет эксплуатации тех или иных недоиспользованных ресурсов последнего. Введем определение недоиспользованного ресурса.

Под недоиспользованным ресурсом понимается произвольный информационный ресурс открытого канала, степень использования которого в процессе открытой передачи информации допускает внесение дополнительных модификаций в определенных пределах без вреда для передаваемой по открытому каналу пользовательской информации, а также без выхода за рамки иных действующих в системе ограничений.

Заметим, что скрытый канал сам по себе представляет собой лишь альтернативный способ передачи дополнительных объемов информации. Соответственно, скрытые каналы могут являться **как легальными** и использоваться на благо системы, **так и нелегальными**, используемыми для проведения атак.

Основной особенностью, отличающей скрытый канал от иных каналов передачи информации, является то, что скрытый канал не является самостоятельным, и передача информации в нем возможна только в моменты времени, так или иначе связанные с передачей информации в открытом канале. В случае с нелегальным использованием скрытого канала также появляется дополнительное условие – его «незаметность», которая трактуется как непротиворечивость скрытого канала действующей в системе политике информационной безопасности и, как следствие, невозможность его выявления действующими фильтрами такой политики.

Учитывая вышеприведенное, задачу формализации процесса синтеза скрытого канала можно свести к следующим двум подзадачам:

1. Определение принципиальной возможности существования скрытого канала в рамках уже имеющихся в системе каналов связи и транспортируемых по ним открытых потоков информации.

2. Проверка выявленного потенциального скрытого канала на «незаметность/скрытость». В частном случае нелегального использования 40 скрытого канала – на непротиворечивость действующей политике безопасности.

Классификация скрытых каналов основана на использовании нескольких классификационных критериев, перечисленных ниже:

– вид недоиспользованности информационного ресурса. Данный критерий отражает возможные принципы эксплуатации недоиспользованных различных информационных ресурсов при создании скрытого канала.

– легальность/нелегальность скрытого канала.

Рассматриваемые в известной литературе варианты реализации скрытых каналов предполагают их нелегальное использование злоумышленником для совершения различных вредоносных действий. Тем не менее возможно использование скрытых каналов и в легальных целях для повышения тех или иных характеристик системы. Как правило, по легальному скрытому каналу может передаваться информация ограниченного объема, такая как пароли, ключи, учетные данные и т.п.

Библиографический список

1. Безукладников И.И., Кон Е.Л. Скрытые каналы физического уровня // Сборник науч. трудов. – Пермь, 2009.

2. ГОСТ Р 53113.1-2008. Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз информационной безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов. Часть 1: Общие положения.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И РАСПРЕДЕЛЕННОГО ХРАНЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Студент гр. ТК-13м В.А. Максutow

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А.Н. Кокоулин
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Предлагается оригинальный метод организации распределенных систем хранения, адаптирующихся к типу данных. В основе предлагаемого метода лежит концепция LH* схемы, позволяющая создавать отказоустойчивые распределенные системы хранения данных. Главными особенностями предлагаемой системы хранения являются способ разбиения растрового графического изображения на блоки и способ распределения по узлам хранения, позволяющие улучшить основные характеристики схемы. Метод подобен методу создания пирамидальной структуры изображения (MIP maps), позволяющей разбивать большое изображение на части, кадрировать и масштабировать, но является менее избыточным и позволяет управлять параметрами хранения изображений в информационной системе.

Ключевые слова: распределенные системы хранения информации, формат графического файла, обработка изображений, отказоустойчивое хранилище данных, LH*RS.

METHODS FOR IMAGE PROCESSING AND DISTRIBUTED STORING

Student gr. TK-13m V.A. Maksutov

Scientific adviser – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor A.N. Kokoulin
Perm National Research Polytechnic University

Authors describe the basic approach of the graphic image storage format for distributed and local storage systems. Main features of this project are: distributed N,K-block-oriented fault-tolerant storage schema. Several levels of information blocks have efficient realization of lossless image compression and fault-tolerance algorithms. Each distributed storage contains the single graphic image (file) with the maximum resolution and color depth. Client applications can request that image in their required resolution and color depth without any server-side calculations. The required image can be constructed from several downloaded blocks on client side. This approach could optimize the workload on web-servers.

Keywords: distributed storage systems, image processing, fault-tolerant storage, LH*RS

В статье представлен метод улучшения параметров распределенного хранилища информации, использующий функционал LH*RS-схемы [2]. LH*RS является надежной масштабируемой структурой хранения данных (SDDS). Файл LH*RS хэшируется и распределяется по узлам хранения мультимедиа, например сети ПК, и обеспечивает защиту от отказа $k \geq 1$ узлов хранения. Высокая доступность достигается за счет использования кодов Рида–Соломона. Величина k изменяется пропорционально изменению размера файла таким образом, что соотношение k/n не изменяется. Коды РС обеспечивают минимально возможную избыточность. LH*RS является универсальным методом хранения данных, и эффектив-

ность хранения не зависит от типа данных. Рассмотрим возможность модификации схемы для оптимизации параметров быстродействия для частного случая хранения изображений.

Управление огромными объемами данных, производимыми в крупных научных проектах, является наиболее сложной в техническом плане задачей всех недавних проектов, порождающих петабайты графических данных. Например, LSST – Large Synoptic Survey Telescope, представляющий собой 8-метровую зеркальную линзу, соединенную с 3,2-гигапиксельной цифровой камерой может ежегодно делать 200 000 снимков объемом 1,28 петабайт в несжатом виде.

При визуализации графики и обмене большими изображениями, например, астрономическими и геоинформационными снимками в высоком разрешении, возникают некоторые нюансы из-за неэффективного файлового формата графических данных.

Традиционно изображения хранились и обрабатывались на локальных компьютерах, и такой подход был эффективен для нечастых произвольных пользовательских запросов. Многие программы обработки изображений подразумевают возможность загрузки всего изображения в ОЗУ для обработки. В случае частых запросов, например от пользователей веб-ресурсов, неэффективный формат хранения и передачи приводит к увеличению трафика и затрат сетевых вычислительных ресурсов, и требуется хранить несколько копий изображения для обработки разных запросов вместо одной копии максимального качества. В случае больших (гигапиксельных) изображений визуализация и обработка невозможны из-за нехватки памяти и сетевых ресурсов, и используются технологии, подобные *Data pyramiding* (создание пирамидальной структуры изображения).

Пирамидальное структурирование является методом масштабирования изображения, используемым при отображении геологических объектов с целью сокращения ресурсов для обработки изображения и предотвращения проблем совмещения изображений [1]. При использовании графических данных большого объема (сотни и даже тысячи мегапикселей) необходимо реализовать возможность представления изображения в разных степенях детализации – от большого удаления, когда изображение видно полностью, до максимального приближения. С разных точек обзора отношение масштабов может измеряться как сотни единиц к одному, при этом нет необходимости отображения объекта в максимальном разрешении. Построение пирамиды для исходного изображения заключается в последовательном изменении масштаба исходного изображения, чаще всего используется фактор 2. Многоуровневая пирамида занимает на треть

больше места в хранилище, чем исходное изображение, и этот недостаток может оказаться существенным при размещении больших баз изображений в единственном хранилище.

Другим эффективным методом представления сигналов и изображений для масштабируемой многоцветной индексации является вейвлет-преобразование (Wavelet Transform) [4]. Дискретное вейвлет-преобразование (DWT) преобразует изображение в пирамидальную структуру из частотных представлений в разрешениях, соответствующих разным шкалам. Выход низкочастотного блока DWT соответствует изображению в минимальном масштабе и используется для индексирования. Метод, в основе которого лежит DWT, также может быть использован для разбиения и распределения графических данных.

Далее в данной статье представлен метод снижения избыточности данных при использовании усовершенствованной схемы LH*RS для хранения изображений.

Схема распределенного хранилища данных

Рассмотрим основные принципы построения распределенной отказоустойчивой системы хранения данных.

1. Концепция LH*RS

Схема, обладающая k -доступностью, способна сохранить доступность всех блоков в случае отказа до $k \geq 1$ узлов хранения (рис. 1).

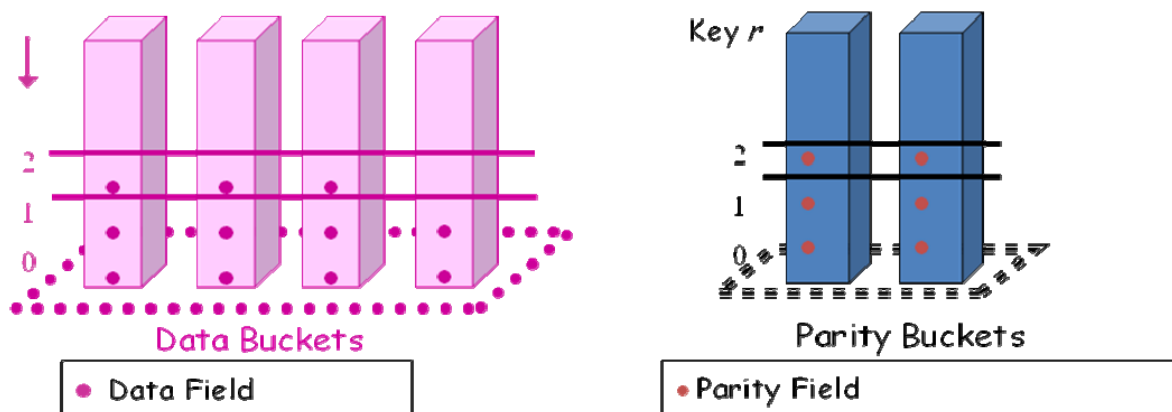


Рис. 1. Структура кодовой группы LH*RS (bucket)

Схема с 1-доступностью использует простой код проверки четности и поддерживает доступность в случае отказа до 1 блока. По мере увеличения размера файла становится недостаточно уровня 1-доступности или даже k -доступности для любого фиксированного значения k , для поддержания надежности схемы. Поэтому k настраивается динамически. В результате получаются схемы с масштабируемой доступностью, такие как LH*RS [2, 3]. Они сохраняют общую эффективность сканирований

и поиска, присущую LH^* . Каждая запись принадлежит только одной кодовой группе, но участвует в k или $k+1$ (в общем случае) проверок четности. Это и обеспечивает масштабируемую k -доступность для файла. Для вычисления проверок четности используется код Рида–Соломона (RS). Этот сложный математический аппарат достаточно просто и эффективно реализуется на практике.

Возможности LH^*RS позволяют использовать эту схему во многих приложениях. Файл LH^*RS содержит структуру LH^* и является файлом с данными, распределенными по блокам $0..M-1$. Для обеспечения отказоустойчивости LH^* -структура дополняется блоками с проверками четности, распределяемыми по разным узлам хранения. Координатор LH^*RS инициирует вычисление блоков с проверками четности для новых групп файла и за динамическую настройку доступности. Координатор также управляет восстановлением записей и блоков.

Организация обработки и хранения графических данных в LH^*RS не эффективна в следующих случаях:

- обработка запросов с различными параметрами – размером, цветом, качеством изображения;
- необходимость многоуровневого разбиения информации на блоки, имеющие различную значимость. В исходном методе LH^*RS мы должны поддерживать постоянную (n,k) -избыточность.

2. Поблочная декомпозиция изображения и распределение по узлам хранения

Основной идеей построения многоуровневой структуры блоков является составление независимых блоков из коррелированных графических данных для каждого уровня. Несжатое изображение можно представить в виде многомерного массива. Этот двух- или трехмерный массив содержит ячейки-векторы (компоненты цветности, например, 24-битный RGB). Эти векторы взаимосвязаны. Чем ближе находятся ячейки в массиве, тем выше связь. К массиву может быть применен фильтр, распределяющий ячейки по разным уровням пирамиды. Базовые блоки соответствуют вершине пирамиды, и из них может быть скомпоновано изображение в низшем качестве. Данные в базовых блоках вычисляются усреднением или интерполяцией по значениям соседних векторов. Следующий уровень блоков использует данные из базовых блоков в качестве начальных данных, из которых формируется палитра. Теперь мы можем скомпоновать изображение в некотором качестве, используя блоки базового и первого уровней. Мы можем продолжать формирование пирамиды до тех пор, пока не достигнем исходного качества изображения, но при этом графиче-

ские данные не являются избыточным многоуровневым представлением (как *Data pyramiding*).

Например, требуется сохранить изображение, содержащее цвета в палитре RGB. Каждый пиксел содержит три независимых величины – R , G , B , которые можно сохранять в разных массивах (блоках) и хранить их на разных узлах. Данные в блоке уровня i зависят от данных из блоков нижнего уровня $i - 1$. Такое преобразование может быть выполнено несколькими способами, простейший вариант представлен на рис. 2.

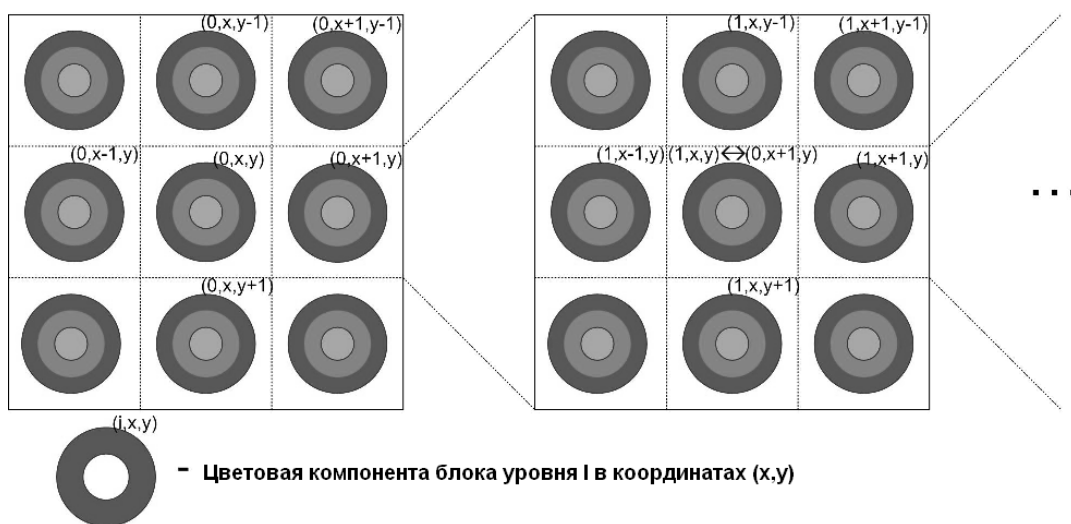


Рис. 2. Многоуровневая структура блоков

Блоки базового (нижнего) уровня содержат компоненты цвета, которые вычисляются как среднее по соответствующим множествам окружающих их пикселей верхнего уровня. Например, $R(0, x+1, y)$ – это средняя величина из множества $\{R(1, x-1, y-1), R(1, x-1, y), R(1, x-1, y+1), \dots R(1, x, y) \dots R(1, x+1, y+1)\}$. Из рассчитанных блоков формируется многоуровневая структура массивов, которая соответствует первоначальному изображению в максимальном качестве. Используя эту структуру мы можем обработать запросы на передачу изображения в любом качестве, конструируя ответ из блоков лишь выбранных уровней, не расходуя ресурсы для сложной обработки ответа, вместо пересылки всего массивного (первоначального) изображения. Например, клиент с карманного компьютера (или смартфона) с дисплеем QVGA (320×240) с 64 К доступных цветов, входящий в сеть через медленный GPRS, может запросить малую часть блоков и сконструировать требуемое изображение в низком качестве. В то же время клиент, посылающий запрос с ПК, может запросить высококачественное изображение, использующее все доступные блоки. Оба этих клиента работают с одним и тем же физическим распределенным ресурсом.

Кроме описанных выше уровней мы можем добавить дополнительные уровни, содержащие расширенные графические данные. Например, при обработке RAW-файла из фотокамеры или PNG-файла. Глубина цвета таких файлов гораздо выше RGB-схемы, используемой в простых рисунках и JPEG-изображениях. Мы можем разбить каждый компонент цвета, как показано на рис. 3.

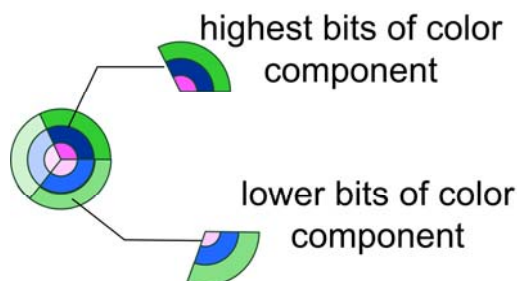


Рис. 3. Разбиение компонента цветности на несколько частей

Пример сборки изображения

Рассматривая пример декомпозиции изображения на блоки трех уровней (рис. 4), можно описать блочную структуру следующим образом:

- базовые блоки отмечены на схеме как *в*. Один блок для каждой компоненты, максимальный размер блока 4К. Изображение, которое можно получить из базовых блоков, – иконка первоначального изображения;

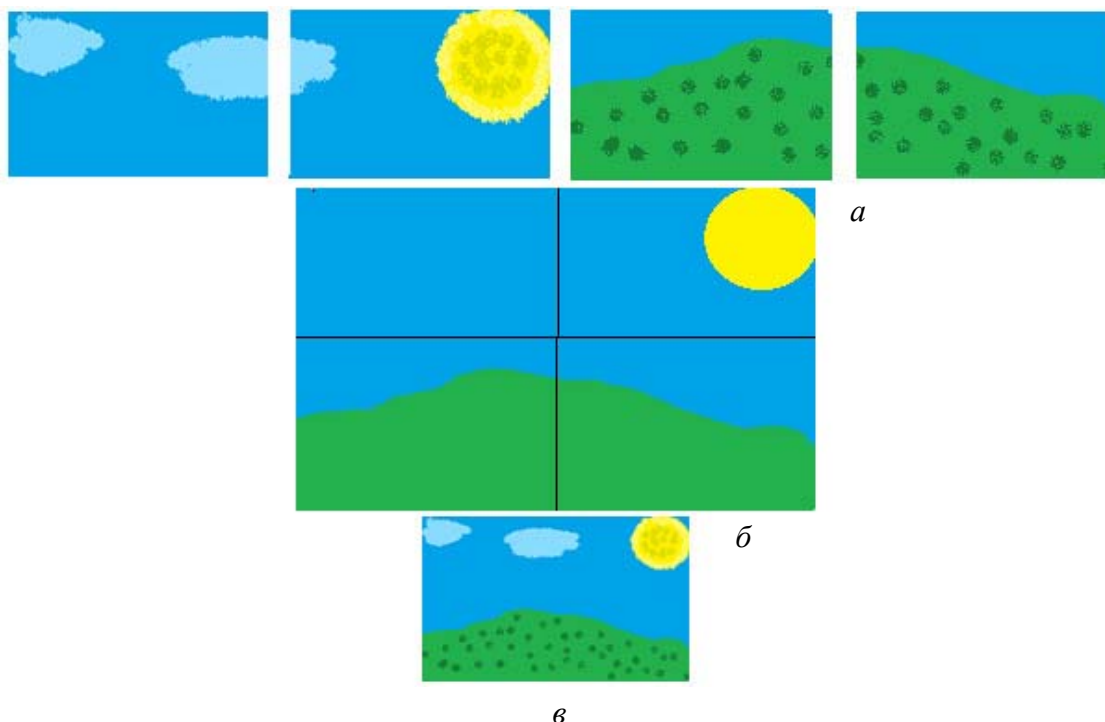


Рис. 4. Декомпозиция изображения

- промежуточный уровень, обозначенный b , содержит рассчитанные по методу K-средних данные и используется для сжатия данных. Уровень содержит данные в двойном масштабе относительно базового уровня. Данные делятся на 4 плитки (tile). Для восстановления данных и сборки изображения используются значения из блоков базового уровня;

- третий уровень, обозначенный a , содержит остальную часть данных, необходимых для сборки изображения в двойном масштабе. Каждая из четырех плиток разбита на блоки по $4K$ и содержит 8-битные цветовые компоненты. Также на этом уровне могут быть дополнительные блоки, содержащие данные 48- и 64- битных пикселей, если они есть в исходном изображении. Для восстановления изображения в данном масштабе требуются все блоки предыдущих уровней.

Блоки высших уровней разбиваются в соответствии с представленной схемой, и мы можем собрать изображение любого размера и любой глубины цвета с использованием только необходимых блоков. При этом мы не вносим избыточность, как в случае пирамидального структурирования. Система хранения содержит единственную копию данных изображения в наивысшем качестве и масштабе, используемую для любых клиентских запросов.

Реализация отказоустойчивости. Управление отказоустойчивостью осуществляется с использованием кодов Рида–Соломона. Мы можем придать упомянутым методам защиты от ошибок дополнительные возможности: избыточность помехоустойчивого кодирования можно изменять для блоков различных уровней. Кроме того, можно защищать только значимые биты в массивах данных. В соответствии с этим надежное хранение блоков базовых и нижних уровней обеспечивается наивысшей избыточностью, так как они содержат исходные данные для всех вариантов сборки изображения. Чем выше уровень блока, тем менее значимым может быть его содержимое, и для защиты могут быть использованы менее избыточные коды. Самый верхний уровень может вообще быть без защиты, или защита будет реализована только для значимых битов цветности.

Реализация алгоритмов сжатия данных. Для сжатия данных различных уровней могут быть использованы различные алгоритмы. В блоках базового уровня целесообразно выбирать алгоритмы сжатия без потерь – lossless compression (рис. 5). На верхних уровнях можно использовать алгоритмы сжатия с потерями, например JPEG2000. Такой подход позволяет удалить логическую избыточность, но предотвращает потерю значимых данных на базовых уровнях.

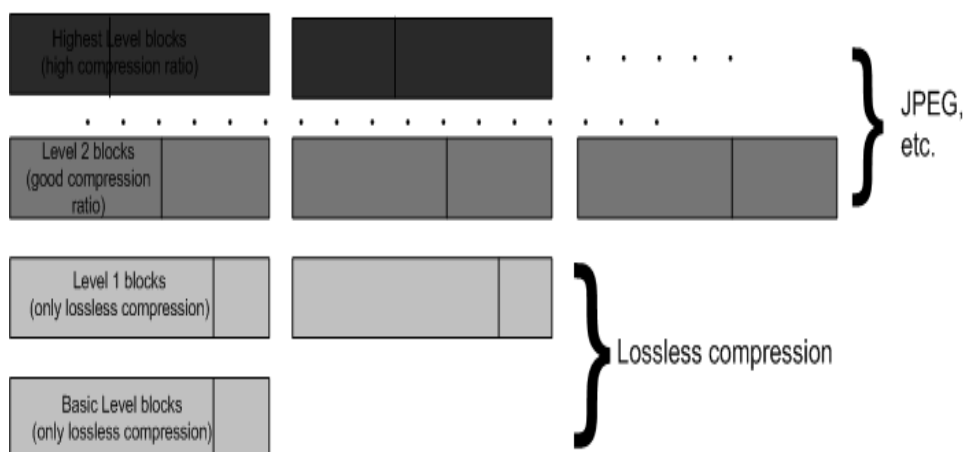


Рис. 5. Использование разных типов сжатия для разных уровней

Реализация безопасности. Для разных уровней блоков можно реализовать разную модель доступа. Основное достоинство такого подхода заключается в том, что нет необходимости создания отдельных копий данных под каждый уровень доступа. Например, мы можем разрешить всем пользователям предварительный просмотр изображения, но закрыть доступ к блокам полноразмерного изображения. Также мы можем зашифровать только блоки высшего уровня, оставив незашифрованными блоки базовых уровней.

Направления дальнейших исследований:

1. Разработка и исследование программной системы, управляющей большими геоданными в высоком разрешении в ГИС-системах, использующей предложенные методы;
2. Применение концепции в мультимедийном вещании. Основная идея – совместное разделение и использование единого потока мультимедиа пользователями, имеющими запросы с разными показателями качества для сокращения трафика.

В данной работе новым результатом является предложенный принцип построения распределенной отказоустойчивой системы хранения графической информации. Разработанная схема хранения содержит единственную копию изображения в наивысшем доступном качестве и масштабе. Изображение разбивается на блоки разных уровней. Изображение в нужном качестве и разрешении восстанавливается из части блоков, переданных клиенту в соответствии с запросом. Разработанный метод позволяет адаптировать уровень избыточности алгоритмов сжатия и помехоустойчивого кодирования на уровне блоков. Таким образом, мы можем гибко управлять избыточностью, правами доступа и потреблением ресурсов.

Библиографический список

1. Stanfill D. Using Image Pyramids for the Visualization of Large Terrain Data Sets // International Journal of Imaging Systems and Technology. – 1991. – Vol. 3.
2. Litwin W., Moussa R., Schwarz T. J. E. LH*RS: a highly available distributed data storage. – URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1316816>
3. Litwin W., Yakouben H., Shwarz T. LH* RS: A Scalable Distributed Data Structure for P2P Environment ACM-TODS. – Sept. 2005.
4. Albuz Elif, Kocalar Erturk DoganKhokhar, Ashfaq A. Scalable Color Image Indexing and Retrieval Using Vector Wavelets // IEEE Trans. Knowl. – 2001. – Data Eng. 13(5). – P. 851–861.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	3
Климовский Д.А., Смирнов Н.А. Моделирование движения внутритрубного микроробота с вибрационным приводом	4
Пастушенко О.В. О тепловакуумных испытаниях космических аппаратов связи	8
Ильюшин С.В., Белгородский В.С., Довнич И.И. Алгоритм про- ектирование обуви в формате 3D	13
Розов А.С., Сизов М.М., Зюбин В.Е. Многослойный синтаксис для проблемно-ориентированных языков программирования	17
Бондарев С.Э., Поздеев А.А., Поликов А.В. Особенности вне- дрения автоматизированных систем оперативного управления и мониторинга в Пермском национальном исследовательском по- литехническом университете	22
Калашникова Я.С., Мурзакаев Р.Т. Исследование и разработка краткосрочного прогноза по планированию закупки листового материала	27
Пегушин С.Л., Шумихин А.Г. Применение единой базы данных по отказам для непрерывного мониторинга и анализа техническо- го обслуживания систем автоматической противоаварийной за- щиты	34
Порубов А.В., Мельникова Т.Е. Численное моделирование на- пряженно-деформированного состояния технологического инст- румента для тонкого волочения	37
Сташков С.И., Сокольчик П.Ю. Построение моделей для управления качеством пенобетона	42
Поповцева Л.Е., Чарная Е.Б. Некоторые вопросы технологиче- ского обоснования в составе ТЭО проекта автоматизации ХТП ...	48
Калугин С.С., Безъязычный В.Ф. Интегрированная логистическая поддержка послепродажного обслуживания авиационных газотур- бинных двигателей и газоперекачивающих установок	54
Кордюков А.В. Распознавание технологической модели детали для автоматизированной подготовки производства с помощью методов искусственного интеллекта	60

Соловьева В.Д., Назаревич С.А. Методика оценки оригинальности новшества	66
Мирзаев Р.А., Смирнов Н.А. Алгоритмическое обеспечение управления многоприводным механизмом	73
Мезенцев А.С. Подходы к решению задачи нерегулярного оптимального размещения деталей сложных форм при фигурном раскрое-упаковке	76
Буркова А.В., Мурзакаев Р.Т. Разработка модели бизнес-процесса расчета стоимости резки листового материала	82
Семенов С.В., Мехоношин Г.В. Информационно-измерительная система управления модельной двухвальнoй роторной установкой	88
Андреев Р.А., Феофилова П.А., Полишков А.В. Анализ особенностей программы «Рубеж-Монитор» в интегрированной системе безопасности «Рубеж-08»	92
Калугин М.Н. Техничeско-экономические аспекты внедрения автоматизированной системы управления безопасностью в газовой котельной	97
Григалашвили А.С., Варламова С.А. Имитационная модель заполнения склада рудой.....	102
Копотева А.В., Затонский А.В. Аналитическая оценка множества возможных значений прибыли в задаче приобретения инноваций на промышленном предприятии	107
Лялин Д.А., Затонский А.В. Имитационный алгоритм улучшения решений задачи раскроя упаковки материалов	113
Затонский А.В. Некоторые перспективы использования экспертно-управляющих систем повышения эффективности производства	119
Шацкая А.М., Лепешкин О.М. Оценка конфликтных ситуаций в социальных и экономических системах	123
Ву Ань Хиен, Осина А.В., Ягодкина Т.В. Построение библиотеки модулей в <i>SIMULINK</i> для модального управления многомерными системами с идентификатором	127
Буракова А.Е. Критерий управления автоматизированными нефтеперерабатывающими производствами. Постановка задачи, анализ и формулировка критерия	134
Черемных Д.Н., Ташлыкова Е.В., Даденков Д.А. Определение локальных контуров регулирования технологического процесса учебно-экспериментальной установки целлюлозно-бумажного производства	143

Шмелев С.С., Осколков В.Н. Опыт обеспечения надежности РЭА на этапе изготовления	149
Опарин Д.А., Горцунов Ю.А., Трефилов В.А. 3D-принтер с мультифункциональными рабочими головками	154
Мирзин А.М., Бэетрзу С.А., Ключников А.Т., Коротаяев А.Д. Управление вентильным двигателем без датчика положения	158
Еланцева Е.Н., Бояршинова А.А., Костарев С.Н. Применение промышленного контролера omron для управления локальными сооружениями полигона ТБО	167
Андреева Л.П. Отладочная плата для микроконтроллеров PIC ...	174
Крылова И.А., Судаков А.И., Чабанов Е.А. Вероятностно-статистические методы анализа переходных процессов мощных синхронных машин	179
Секция 2. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ	189
Золотухин Т.А., Касьянов В.Н. Алгоритм поиска максимального общего подграфа двух графов и его реализация в рамках системы Visual Graph	190
Малышев А.А., Касьянов В.Н. Программные расширения MEDIAWIKI для интеграции с издательской системой TEX	197
Матренин П.В., Секаев В.Г. Адаптивный алгоритм роя частиц для решения NP-трудных задач	205
Кравченко К.В., Стариков В.И. Особенности современных систем имитационного моделирования	211
Бояршинова А.А., Мурзакаев Р.Т. Методы настройки камеры статической и динамической сцены в AUTODESK MAYA	215
Есипенко И.А., Миронов В.А., Колмогоров Г.Л., Кычкин В.И. Численное моделирование динамического напряженно-деформированного состояния нежестких дорожных одежд	221
Рахманов А.А., Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В. Использование интеллектуальных технологий управления процессом работы насосного оборудования на основе адаптивного алгоритма	227
Копычев В.А., Семенова Е.Г. Управление качеством процесса разработки программного обеспечения на основе оценки профилей возможностей процессов	234
Ковалев А.М., Сонов Е.А. Исследование эффективности стандартного генетического алгоритма в сложных задачах параметрической оптимизации	240

Сизов М.М., Зюбин В.Е. Создание <i>IDE</i> процессориентированного языка С использованием специализированных средств разработки	246
Пирожков А.П., Фрейман В.И. Исследование каналов с памятью, описываемых моделью Пуртова, с использованием среды моделирования MatLab	252
Темичев А.А., Брайан М. Алгоритмы работы модуля удаленного конфигурирования <i>MY-JEVIS</i> для системы <i>JEQTS</i>	258
Темичев А.А., Файзрахманов Р.А. Подход к тестированию программного обеспечения распределенных систем мониторинга на этапе эксплуатации	264
Гурко В.А. Реализация В+ дерева на шаблонах классов С++	269
Голохвастова М.В., Затонский А.В. Применение теоремы Колмогорова на схемах «Гибели и размножения» в <i>GPSS WORLD</i> и <i>ANY LOGIC</i>	273
Варламов Я.Ю., Варламова С.А. Многоагентные системы и средства их реализации	280
Варламова С.А. Латентный семантический анализ текстовой информации	285
Брюханова А.А., Мурзакаев Р.Т. Алгоритмы обнаружения и разрешения столкновений	290
Шилов В.С. Анализ взаимного расположения геометрических примитивов в задаче раскрыя-упаковки	297
Бояршинов А.Д., Ромин Е.А. Методы оптимизации высокополигональных 3D моделей	304
Галкин Н.С., Ромин Е.А. Создание трехмерной модели местности в <i>UNITY 3D</i>	311
Чухрий Д.Г., Байдаров А.А. Применение технологий виртуализации при построении современных информационных систем	317
Рутин В.А., Мурзакаев Р.Т., Шилов В.С. Алгоритмы функционирования редактора карт раскрыя	322
Секция 3. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	329
Гафуров М.А., Вандышева А.А. Вибрационный грохот	330
Фролова Л.Н., Драган И.В., Мошкина С.В. Резервы энергосбережения при сушке семян рыжика	333
Чабаненко А.В., Семенова Е.Г. Возобновляемые источники энергии на древесной основе как фактор развития лесного хозяйства	336

Кошелева Н.А., Колмогоров Г.Л. Технологические особенности производства высокотемпературных сверхпроводников	341
Снигирева М.В., Бурдина Ю.А., Колмогоров Г.Л. Энергосиловые условия при пластическом деформировании полиметаллических композиционных заготовок	347
Баринов С.Н., Веретенников С.В. Разработка циклонно-вихревой системы охлаждения лопаток ГТУ	354
Соколова О.А., Пиралишвили Ш.А. Исследование особенностей рабочего процесса двухконтурной вихревой трубы с использованием численных методов	361
Суворов А.А., Гусев А.С. Управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор. Технология, моделирование, управление	370
Бачурина М.В., Казаков А.В., Труфанова Н.М. Численное исследование процессов теплообмена в канале адаптера экструзионной головки	375
Кабанец А.А. Совершенствование устройства обеспечивающего применение летних дизельных топлив и масел в условиях низких температур на специализированной технике	382
Мусихина К.Г., Франк Т., Кычкин А.В. Европейский опыт поддержки внедрения систем энергоменеджмента на законодательном уровне	387
Ерохин А.С., Нерослов С.В., Кычкин А.В. Структура автоматизированной информационной системы мониторинга пара для ООО «Пермский картон»	393
Ерохин А.С., Нерослов С.В., Кычкин А.В. Визуализация энергоданных производства картона	399
Осиненко С.И., Огарков Е.М. Повышение энергоэффективности станков-качалок путем переключения обмоток статора с «треугольника» на «звезду»	405
Секция 4. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ	409
Сергиенко Р.А., Попов Ф.А. Построение информационного пространства учебного заведения на основе использования методологии семантического веба и онтологий	410
Греков А.В. Современные семейства программируемых логических интегральных схем FPGA фирмы <i>ALTERA</i>	414
Коломиец В.О., Сазонов В.В. Влияние корреляционных характеристик широкополосных сигналов на помехоустойчивость их приема в многолучевых каналах связи	421

Григорьев А.В., Преображенский А.П. Вопросы передачи информации в высокоскоростных сетях	425
Лыу Хай Нам, Сизякова А.Ю. Аппроксимация передаточных характеристик усилителя мощности с комплексной нелинейностью при многокритериальном подходе	428
Пукса А.О., Богачков И.В. Изучение процессов оптимизации и согласования антенн с помощью программы ММАНА	435
Пукса А.О., Федченко Е.А., Никонов И.В. Устройства идентификации на поверхностных акустических волнах	438
Пенязь А.Л., Колбасова Г.С. Поиск новых технических решений по обеспечению структурной скрытности инфокоммуникационных систем специального назначения	441
Перчук В.А., Колбасова Г.С. Поиск новых технических решений по защите инфокоммуникационных систем от компьютерных атак	447
Янушкевич В.Ч., Митрофанов М.В. Защита инфокоммуникационных систем специального назначения от деструктивных программных воздействий	453
Шарова К.А., Безукладников И.И. Скрытые каналы в инфокоммуникационных сетях	460
Максутов В.А., Кокоулин А.Н. Методы обработки и распределенного хранения изображений	471

Научное издание

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ,
ИНСТРУМЕНТЫ, ПРАКТИКА (INNOTECH 2013)**

Материалы V Международной
интернет-конференции молодых ученых,
аспирантов, студентов
(01 ноября 2013 г. – 30 ноября 2013 г.)

Корректор И.Н. Жеганина

Подписано в печать 17.06.2014.
Формат 60×90/8. Усл. печ. л 31,75.
Заказ 108/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.