Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средствам массовой коммуникации
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-57975
от 28 апреля 2014 г.

ISSN 2409-1650

Главный редактор
Вокин
Григорий
Григорьевич

Над выпуском работали:
Паршина Ю.С.
Пирогова Е.В.

Адрес редакции:
141070,Королев,
Ул. Октябрьская,10а
Тел. (495)543-34-31

При перепечатке любых материалов ссылка на журнал «Информационно-технологический вестник» обязательна

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, предоставленных авторами для публикации

Материалы авторам не возвращаются

Подписано в печать
25.03.2015

Отпечатано
в типографии
ООО «Научный консультант»
Г. Москва,
ул. Краснодонская д.19, к.2

Тираж 300 экз.
Усл. печ. л. 7,4

СОДЕРЖАНИЕ

А.П. Аверьянов
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ……...3

В.М. Артюшенко, Т.В. Балашова
РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ВНУТРИКАНАЛЬНОЙ ПОМЕХИ В ПИКОСЕТИ BLUETOOTH…….…..12

И.М. Белюченко, В.Н. Зиновьев
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ РЯДА КОТЕЛЬНИКОВА……...…….……..16

И.М. Белюченко, В.Н. Зиновьев
УТОЧНЕНИЕ КРИТЕРИЯ «НАДЕЖНОСТЬ-СТОИМОСТЬ»…….……..……..22

Г.П. Богданов
СПОСОБ ЗАДАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ РИСКОВ ИСПЫТЫВАЕМЫХ ПРИБОРОВ…….....27

М.Н. Бухаров
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ……....31

И.Е. Гвоздев, В.Г. Исаев, И.В. Торицын
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ В ВУЗЕ…….....49

В.А. Дидур, И.Г. Величко, О.И. Мушкевич
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРИКЦИОННОГО НАНЕСЕНИЯ АНТИИЗНОСНОГО МАТЕРИАЛА НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗОЛОТНИКА…….....54

В.С.Дубинин, Д.В.Пахомов, С.О. Шкарупа, И.С. Трохин
О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОПОРШНЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОТЕЛЬНЫХ Г. КОРОЛЕВ…….....62

Ю.Н. Затуранов
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И АНАЛИЗ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ АВТОТРАНСПОРТА…….….70

В.И. Переяславский
СПЕКТРЫ ФУНКЦИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ…….....78

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. *Соколов Сергей Викторович*
2. *Новосельцев Василий Николаевич*
3. *Райков Александр Николаевич*
4. *Фоминский Вячеслав Юрьевич*
5. *Меньшиков Валерий Александрович*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. *Дубинин Владимир Сергеевич*
2. *Аббасова Татьяна Сергеевна*
3. *Разумовский Игорь Михайлович*
4. *Посеренин Сергей Петрович*
5. *Бахур Андрей Борисович*
6. *Васильев Николай Александрович*
7. *Логачева Алла Игоревна*
8. *Артюшенко Владимир Михайлович*
9. *Строителев Владислав Николаевич*

В.Н. Строителев, Е.А. Жидкова, Л.П. Шумская
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ…….……94

Ф.А. Успенский, В.А. Марамыгина, А.В. Шмелев, В.Н. Соляной, А.И. Сухотерин
ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВОЕ ПЕРО» ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФИНАНСОВО-КРЕДИТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОПЕРАЦИЙ……103

В.А. Чёткин, С.В. Чёткин
КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ (АРМП) В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ…….....112

УДК 629.7.01

Особенности использования принципов автоматизированного исследовательского проектирования при создании элементов изделий ракетно-космической техники

А.П. Аверьянов, к.т.н., с.н.с.,
доцент кафедры Управление и информационные технологии в космических системах,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Отражены особенности использования принципов автоматизированного исследовательского проектирования при создании элементов изделий ракетно-космической техники. Рассмотрен процесс автоматизированного формирования технического облика ракетного комплекса. Дана постановка задачи и определён состав расчётных модулей исследовательского проектирования ракетного комплекса и его подсистем для частного случая. Построены целевые функции для формирования технического облика ракетного комплекса и его подсистем.

Автоматизированное исследовательское проектирование, специальное программное обеспечение, технический облик, рациональный вариант.

Research Computer-Aided Design Engineering Principles Usage Pattern During the Rocket and Space Technology Production Units Manufacturing

A.P. Averyanov, Ph.D., Management and Information Technology in Space Systems Department, Assoc. Prof. Library,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

Paper reflects particular issues associated with research computer-aided design engineering principles usage pattern during the rocket and space technology production units manufacturing. A rocket complex technical layout automated definition process is examined. Rocket complex and its subsystems research design engineering scenario is given and the set of computing modules for the particular cause is specified. Objective functions for the rocket complex and its subsystems technical layout definition are developed.

Research computer-aided design engineering, customized software, technical layout, rational variant.

Введение

Процесс проектирования ракетно-космических объектов имеет ряд особенностей. Сами объекты являются сложными техническими системами, в процессе проектирования этих объектов участвует большой коллектив исследователей-разработчиков.

Сократить сроки проектирования и повысить качество проекта возможно на основе автоматизированного проектирования, на базе применения быстродействующей вычислительной техники и современных математических методов.

Исправление ошибки на стадии подготовки технической документации обходится дешевле, чем на стадии производства и эксплуатации. Известно, что 50…70% общих причин дефектов машиностроительной продукции связано с ошибками в проектно-конструкторских работах [1, с. 11].

Для создания качественной системы недостаточно одного варианта проекта. Проектировщик строит альтернативные варианты системы и из них выбирает лучший с требуемыми характеристиками.

Применение вычислительной техники при проектировании сложных технических систем возможно только в том случае, если имеются их адекватные математические модели. Разработка математических моделей объектов проектирования – творческая задача, при решении которой необходимо использовать знания и опыт, накопленные современной математикой, механикой, физикой и другими науками [2, с. 28].

Возможность построения иерархии моделей имеет важнейшее значение в процессе автоматизированного проектирования. Каждому этапу проектирования можно сопоставить свою модель объекта и тем самым избежать необоснованного усложнения задачи. При этом процесс автоматизированного проектирования имеет общие черты с вычислительным экспериментом. В математической модели проектируемого объекта выделяют структурно-параметрическое описание собственно объекта и описание поведения объекта во времени и внешней среде. Последнее называют обычно моделью функционирования.

Постановка задачи исследовательского проектирования

Постановка задачи проектирования осуществляется в несколько этапов (рисунок 1). На первом этапе заказчик определяет цели проектирования.

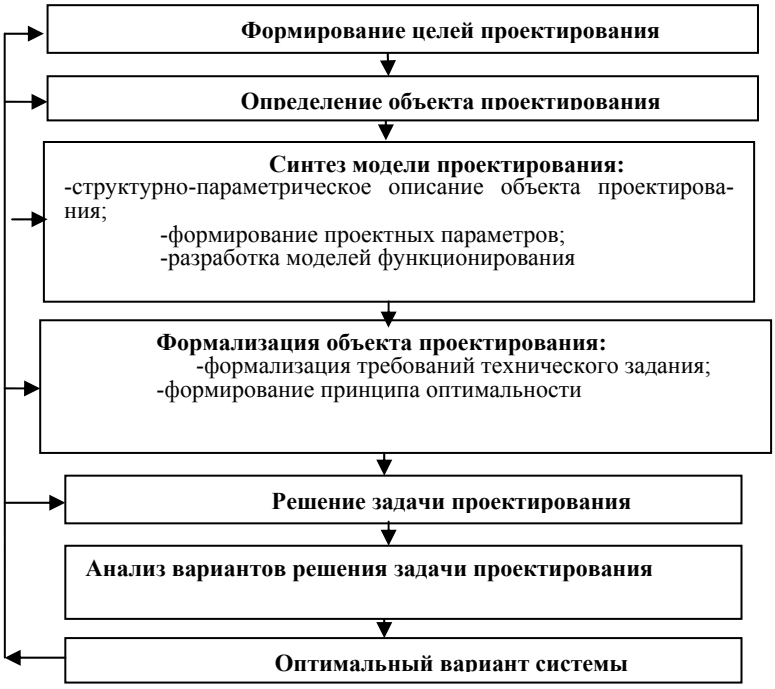


Рисунок 1 – Постановка задачи исследовательского проектирования

В роли заказчика обычно выступает разработчик системы более высокого уровня.

Для сложных систем на данном этапе проводятся НИР большого объёма, в ходе которых анализируются прогнозируемые характеристики объекта и внешней среды [1, с. 20]. После этого принимается решение на разработку перспективной системы.

На следующем этапе формируется концепция проектируемой системы. Предпо-

ложим, что для решения поставленных задач необходим летательный аппарат. Среди летательных аппаратов выбирается, например, беспилотный вариант, определяется способ базирования и т.п. Особенностью этапа является то, что концепция формируется в условиях большой неопределённости опытными экспертами-специалистами предметной области.

Создание математической модели объекта проектирования происходит на следующем этапе. С этой целью создаётся математическое описание технической системы, определяются проектные параметры и ограничения, накладываемые на подсистемы. Данный этап проводится совместно инженерами-специалистами предметной области, имеющими практический опыт проектирования, и математиками-специалистами в области автоматизированного проектирования с применением ЭВМ.

Математические модели функционирования в ряде практически важных случаев являются в значительной мере «инвариантными» по отношению к проектируемым объектам. Точнее, изменение структуры и параметров объекта в широких пределах приводит лишь к изменению коэффициентов и функциональных зависимостей математической модели. Переход к качественно иной математической модели требуется, только когда существенно изменяется в сторону детализации описание проектируемого объекта либо появляются принципиально новые технические возможности [2, с. 35].

Формализация объекта исследовательского проектирования

Сформулируем задачу оптимизации при проектировании технической системы. Пусть варианты технической системы (альтернативы) описываются набором (вектором) параметров x размерности N, принимающим значения из множества X. Задание множества X отражает опыт проектирования систем аналогичного назначения, требования к системе, формируемые на этапе внешнего проектирования, физические законы функционирования и пр. Множество X выбирается из всех технически реализуемых вариантов проектируемой системы в соответствии с совокупностью ограничений (равенств и неравенств), вытекающих из требований технического задания и структурно-параметрического описания системы.

В достаточно общем виде эта задача сводится к определению такого вектора x^* из допустимого множества X, который обеспечивает минимум целевой функции $f(x)$, т.е.:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} f(x).$$

Как правило, допустимое множество X задается совокупностью неравенств (или равенств, или неравенств и равенств одновременно) вида

$$g(x) \le 0 \ \{ g_i(x) \le 0, \overline{i} = 1, m; \quad g_j(x) = 0, \overline{j} = 1, l \},$$

где $g(x)$ – в общем случае вектор-функция, которая называется функцией ограничений [4, с. 88].

Средства автоматизированного исследовательского проектирования

Для обеспечения автоматизации научно-исследовательских работ необходимы следующие компоненты (рисунок 2) [5, с. 575]:

- комплекс технических средств;
- общесистемное программное обеспечение;
- специальное программное обеспечение;

- информационное обеспечение.

Комплекс технических средств

Комплекс технических средств (КТС) – это средства обработки данных, периферийной техники и других средств оргтехники по подготовке и отображению информации, они объединяются в единую технологическую цепочку. Комплекс технических средств представляет собой совокупность ЭВМ, предназначенных для хранения баз данных автоматизированных рабочих мест, объединенных при помощи сетеобразующей аппаратуры и локальной сети связи.

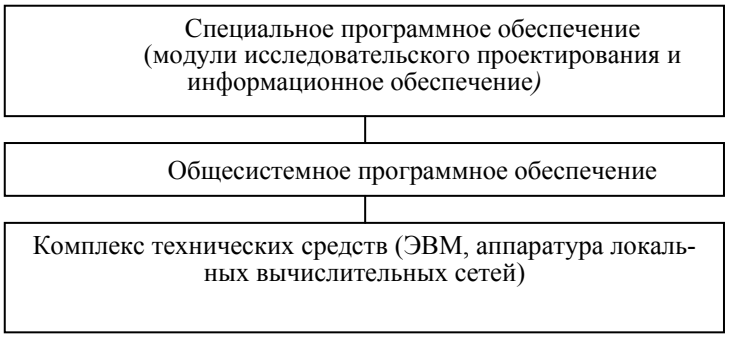


Рисунок 2 – Состав средств автоматизированного исследовательского проектирования

Общесистемное программное обеспечение

Общесистемное программное обеспечение (ОСПО) предназначено для управления работой КТС, организации ввода-вывода, обработки и хранения данных и создания интеллектуального интерфейса между пользователем и системой. ОСПО состоит из комплексов инструментальных средств и базового программного обеспечения. Общесистемное программное обеспечение реализует интеллектуальный интерфейс между пользователями. В его состав входят комплекс инструментальных средств и базовое программное обеспечение. Комплексы инструментальных средств реализуют технологию автоматизированной обработки информации с помощью ЭВМ.

Специальное программное обеспечение исследовательского проектирования

Специальное программное обеспечение исследовательского проектирования – это программная реализация моделей и методик в виде совокупности программных модулей и данных для их выполнения, объединенных в базы данных. В типовой проектной процедуре на основе комбинирования отдельных программных модулей, в зависимости от выбранного критерия эффективности и ряда дополнительных ограничений решаются математические задачи по выбору вариантов проектных решений. Таким образом, специальное программное обеспечение представляет собой совокупность элементов знаний, которыми исследователь оперирует при формировании технического облика объекта и оценки его соответствия целевому назначению.

Эффективность системы автоматизированного исследовательского проектирования во многом определяется составом и качеством специального программного обеспечения. От того, какие модели будут использоваться при проектировании, насколько совершенны методы и алгоритмы применения проектных решений зависят качество и сроки проектирования, а также связанные с ними затраты.

Основное назначение моделей – обеспечение возможности сделать выводы о структуре и свойствах создаваемой системы, его подсистем и составных частей. На осно-

вании этих выводов могут быть сделаны практические рекомендации о продолжении или окончании исследований.

Моделирование по сравнению с натурными экспериментами допускает значительно более широкие исследования, результаты которых дают нам информацию для прогнозирования функционирования системы, а в ряде случаев моделирование остается единственно возможным способом проведения исследований в силу трудности организации натурных экспериментов.

В зависимости от отображаемых свойств объекта различают его морфологическое и функциональное описание.

Морфологическое описание проектируемого объекта осуществляется на основе структурных и геометрических моделей. Структурные модели применяются для отображения взаимного расположения элементов в пространстве и их взаимодействия. Они носят характер графов, схем, матриц, векторов и обычно не учитывают особенностей физических процессов в проектируемом объекте. Геометрические модели описывают пространственные соотношения, формы проектируемого объекта и его составных частей.

В основе функционального описания объекта проектирования лежат функциональные модели и критерии оценки качества функционирования. Функциональные модели устанавливают связи между входными, выходными и управляющими параметрами с помощью функциональных зависимостей (функционалов, операторов, вероятностных зависимостей, неравенств и т.п.).

Морфологические и функциональные описания объекта взаимосвязаны. Так, например, описание морфологии объекта дает исходный материал для определения параметров в функциональных моделях.

Информационное обеспечение

Под информационным обеспечением (ИО) понимается совокупность данных, необходимых для проведения автоматизированных исследований по формированию технических обликов сложной системы. Целевым назначением ИО является хранение и оперативное представление данных, необходимых в ходе проведения исследований, а также фиксация и систематизация результатов проектных проработок и вычислительных экспериментов.

Пример формирования технического облика сложной системы

В качестве примера рассмотрим один из возможных подходов по формированию технического облика (ТО) ракетного комплекса (РК). Взаимосвязь и декомпозиция постановок задач осуществлена в целях автоматизированного формирования технического облика комплекса на этапе научно-исследовательских работ. В техническом задании (ТЗ) на исследовательское проектирование ракетного комплекса задается цель работы, условия эксплуатации и применения комплекса, решаемые задачи, краткая характеристика объекта исследований. На основании ТЗ формируется содержательное описание проектируемого РК и его подсистем, выделяются критерии, по которым будет оцениваться качество РК и его подсистем. Критерии выбора характеристик должны позволять оценивать всю совокупность предлагаемых технических решений. В практике выбора основных характеристик ракетного комплекса используются критерии «стоимость-эффективность», «эффективность-стоимость» [7, с. 38]. В первой постановке определяют минимальные затраты на создание РК при заданном значении эффективности, во второй – определяют максимальное значение эффективности при определенных затратах. Обе постановки с точки зрения получаемых решений эквивалентны, однако для задачи выбора характеристик РК более предпочтительной является первая постановка [6, с. 25]. Построим в общем виде функции эффективности *Wрк* и стоимости *Срк* в зависимости от тактико-технических характеристик (ТТХ) РК и технических характеристик (ТХ) его

подсистем. Функция эффективности РК может быть представлена в виде вероятностей выполнения последовательных событий, которые реализуются совокупностью физических объектов или отдельным объектом. Вероятность выполнения задачи может быть представлена в виде функции от следующих характеристик:

$Wрк = Wрк(P_c, T_{дов}, R, P_n)$,

где P_c – вероятность доведения поданного в случайный момент времени сигнала на пуск за время не более *tc* до персонала;

$T_{дов}$ – заданное время доведения сигнала на пуск;

$R = R(P(t_i))$ – обобщенный показатель надежности;

$P_n = \{P(t_n), P(t_{пр}), P(t_{пн})\}$;

$P(t_n)$ – вероятность успешного функционирования ракеты и взаимодействующих с ней элементов комплекса при подготовке и проведении пуска за время не более *tn*;

$P(t_{пр})$ – вероятность успешного функционирования ракеты в полете;

$P(t_{пн})$ – вероятность доставки полезной нагрузки с заданной точностью.

Представим РК в виде иерархической системы. На данном этапе подробность представления объекта в виде подсистем определяется решаемыми задачами. В рассматриваемом случае декомпозицию РК на подсистемы представим в упрощённом варианте. Можно выделить, например, следующие подсистемы: ракета, обеспечивающие системы. Ракета детализируется на составные части: космический аппарат (КА) и ракета-носитель (РН).

Процесс выделения подсистем последующих уровней может быть продолжен по частным показателям эффективности. Взаимосвязь задач нижерасположенного уровня осуществляется с помощью ограничений, накладываемых на ТТХ и ТХ подсистем вышерасположенного уровня.

Научно-техническое обоснование перспективных космических систем связано с необходимостью определения полных затрат с целью сравнительного анализа альтернативных вариантов и выбора рационального. Под полными затратами понимается сумма затрат на всем жизненном цикле системы на следующие работы:

проведение опытно-конструкторских работ (ОКР) на систему;

изготовление КА;

подготовку КА к запуску;

выведение КА на заданную орбиту;

лётную эксплуатацию КА.

Полные затраты на комплекс могут быть записаны в следующем виде [3, с.102]:

$C_{полн} = C_{окр}^{ка} + C_{окр}^{рн} + n_i(C_{пуск\,i}^{рн} + C_i^{ка} + C_{эксп\,i})$,

где $C_{окр}^{ка}$ – стоимость ОКР КА;

$C_{окр}^{рн}$ – стоимость ОКР РН;

$C_{пуск\,i}^{рн}$ – стоимость пуска РН;

$C_i^{ка}$ – стоимость изготовления КА;

$C_{эксп\,i}$ – годовые затраты на летную эксплуатацию КА;

n_i – число КА, планируемых к запуску за весь жизненный цикл.

Составляющие затраты оцениваются по принятым методикам, например, по методике с использованием метода экспертных оценок или регрессионного анализа, используя статистические данные по аналогам.

С другой стороны, стоимость РК может быть представлена как сумма стоимостей подсистем, входящих в РК:

$C_{рк} = \sum_{i=1}^{n} C_{рк\,i}$,

где *n* - количество рассматриваемых подсистем РК.

Стоимость серийного производства ракеты может быть определена как функция от следующих характеристик:

$C_р = f(M_о, M_к, M_{пн}, P_{уд})$,

где $M_о$, $M_к$, $M_{пн}$ - стартовая масса ракеты, масса конструкции, масса полезной нагрузки;

$P_{уд}$ – удельная тяга двигательной установки.

Анализируя функции эффективности и стоимости, составим вектор характеристик, определяющих облик РК:

$X_{рк} = \{P_с, T_{дов}, R, P_п, M_о\}$.

Сформулируем задачу формирования ТО РК в следующем виде:

$X_{рк}$»: $min\ C_{рк}(X_{рк}, G_{рк})$,

где $Xрк = \{P_с, T_{дов}, R, P_п, M_о\}$,

$G_{рк} = \{Wрк, T_{созд}\}$,

$Wрк(X_{рк}, X_р) >= Wрк$,

$T_{созд}(X_{созд}, X_{рк}) <= T_{созд,}$

$X_{ркj}- <= X_{ркj} <= Xркj+$;

$T_{созд}$ – продолжительность создания ракетного комплекса;

$X_{ркj}$-… $Xркj+$ – диапазон изменения ТТХ ракетного комплекса.

Для ракеты задачу формирования ТО запишем в следующем виде:

$X_р$»: $min\ C_р(X_р, G_р)$,

где $X_р = \{ТХка, ТХн\}$ – технические характеристики космического аппарата, ракеты-носителя,

$G_р = \{P_п, M_{пн}\}$,

$X_{рj}- <= X_{рj} <= X_{рj}+$;

$X_{рj}$-… $Xрj+$ – диапазон изменения ТХ ракеты.

Для носителя задачу формирования ТО запишем в следующем виде:

$X_н$»: $min\ M_о(X_н, G_н)$,

где $X_н = \{ТХн\}$,

$G_н = \{M_{пн}, P(t_{пр})\}$,

$M_{пн}(X_н) >= M_{пн}$,

$P(t_{пр})(X_н) >= P(t_{пр})$,

$X_{нj}- <= Xнj <= X_{нj}+$;

$Xн_j$-… $Xнj+$ – диапазон изменения ТХ носителя.

Процесс отыскания ТТХ РК и ТХ подсистем строится следующим образом. Вырабатываются требования к подсистемам верхнего уровня в виде ограничений (например, на характеристики РК в виде ограничений на вектор $X_{рк}$). Затем вырабатываются требования к подсистемам нижерасположенного уровня (например, на характеристики ракеты в виде ограничений на вектор $X_р$) и т. д. В случае трехуровневой системы задание требований к подсистемам на этом заканчивается.

Затем строятся целевые функции подсистем, начиная с нижнего уровня, отыскиваются рациональные значения этих функций при заданных ограничениях, формируются варианты подсистем каждого уровня.

Далее строится целевая функция для РК, отыскивается её рациональное значение при заданных ограничениях, формируются варианты РК. Выбирается вариант РК, удовлетворяющий предъявляемым требованиям. В случае если вариант РК не удовлетворяет требованиям, то исследование продолжается, начиная с формирования новых требований на подсистемы.

Для формирования технического облика РК разрабатываются расчётные модули подсистем РК (рисунок 3). Расчётный модуль – это программа для ЭВМ, реализующая алгоритм формирования облика подсистемы.

Действия с модулями и данными для реализации проектных процедур исследовательского проектирования РК могут быть представлены в следующей последовательности:

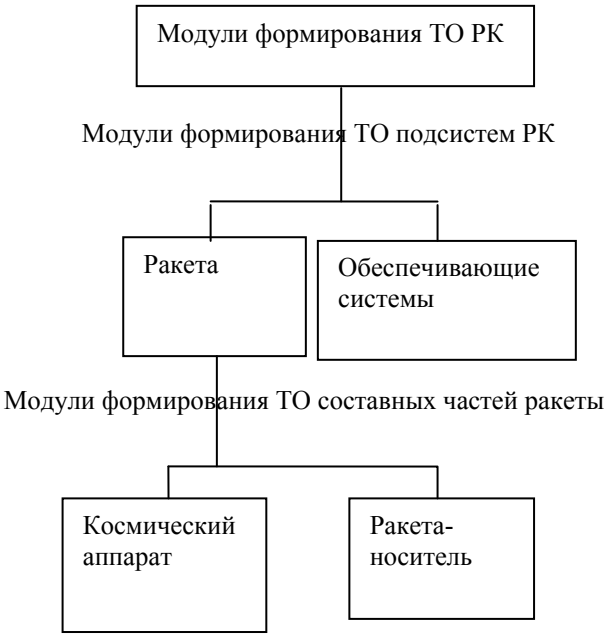


Рисунок 3 – Примерный состав модулей формирования ТО РК

подготовка исходных данных на основе ТЗ на исследовательское проектирование;

проверка данных на корректность;

выбор режима (автоматического или интерактивного) работы проектной процедуры;

выбор условий окончания работы отдельных проектных процедур или их вычислительных цепочек.

Условием окончания работы модулей подсистем является число заданных вариантов их обликов. Условием окончания работы модулей РК является окончание перебора вариантов структур РК и выбор рационального.

Уровень автоматизации при проектировании в значительной степени зависит от того насколько формализована предметная область. В общем случае только отдельные задачи удается формализовать. Это наиболее распространенная ситуация, к которой относится и формирование технического облика РК и его подсистем. Поэтому в первую очередь выделяются формализованные задачи, определяются логические и информационные связи между ними, разрабатываются процедуры, объединяющие формальные и неформальные элементы. При решении частично формализованных задач используются экспертные системы и диалоговый режим работы с ЭВМ.

Заключение

Рассмотренные принципы автоматизированного исследовательского проектирования позволяют построить автоматизированную систему для проектирования элементов изделий ракетно-космической техники. В качестве примера представлен один из возможных подходов формирования технического облика ракетного комплекса на этапе научно-исследовательских работ. Основные характеристики ракетного комплекса определяются по минимальной стоимости при заданном значении эффективности. С этой целью строят целевые функции для подсистем, начиная с нижнего уровня, отыскиваются рациональ-

ные значения этих функций при заданных ограничениях, формируются варианты подсистем. Затем формируются варианты ракетного комплекса, выбирается вариант с минимальной стоимостью, удовлетворяющий предъявленным требованиям.

Литература

1. Вязгин, В. А., Федоров, В. В. Математические методы автоматического проектирования. [Текст] / В. А. Вязгин, В. В. Федоров // Учебное пособие для втузов. – М.: Высшая шк. – 1989. – 184 с.
2. Краснощёков, П. С., Петров, А. А., Федоров, В. В. Информатика и проектирование, сер. «Математика, кибернетика» [Текст] / П. С. Краснощёков, А. А. Петров, В. В. Федоров // № 10. – М.: Знание. – 1986. – 48 с.
3. Методы военно-экономических исследований перспектив развития космических средств / Колл. авторов; Под ред. Е. В. Рыжова. – М.: Машиностроение. – 1998. – 152 с.: ил.
4. Основы синтеза систем летательных аппаратов: Учеб. Пособие для студентов втузов /А. А. Лебедев, В. Н. Баранов, В. Т. Бобровников и др.; Под ред. А. А. Лебедева. – М.: Машиностроение. – 1987. – 224 с.
5. Стратегическое ракетное вооружение. Методология, опыт, разработки. Книга 1.– М.:4ЦНИИ. – 2003. – 652 с.
6. Чуев, Ю. В., Спехова, Г. П. Технические задачи исследования операций. [Текст] / Ю. В. Чуев, Г. П. Спехова // – М.: Советское радио. – 1971. – 244 с.
7. Щеверов, Д. Н. Проектирование беспилотных летательных аппаратов [Текст] / Д. Н. Щеверов // М.: Машиностроение. – 1978. – 264 с.

УДК 621.397

Расчет вероятности появления внутриканальной помехи в пикосети bluetooth

В.М. Артюшенко, д.т.н., профессор,
Т.В. Балашова, бакалавр по направлению прикладная информатика,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

В статье рассмотрены вопросы, связанные с расчетом и моделированием вероятности появления внутриканальных помех в пикосетях Bluetooth, при работе беспроводных устройств малого радиуса действия. Получены зависимости позволяющие определить вероятность появления внутриканальных помех от числа источников помех и их рабочего цикла.

Пикосети, внутриканальные помехи, скачкообразное изменение частоты.

Modeling the probability of occurrence co-channel interference in the piconet bluetooth

V.M. Artyushenko, Doctor of Technical Sciences, Professor,
T.V. Balashova, Bachelor of Applied Informatics,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The article considers the issues associated with the calculation and modeling of the likelihood of co-channel interference in Bluetooth piconets, when the wireless devices small range. The dependences allow to determine Vero likely the emergence of co-channel interference from a number of sources of interference and their working cycle.

Piconets, co-channel interference, the abrupt change in net assets-frequency.

В настоящее время в Bluetooth-технологии собраны лучшие достижения современной микроэлектроники в области аппаратуры и в программном обеспечении [1, 5]. За счет низкой стоимости и межпротокольной совместимости сверхминиатюрных приемопередатчиков они нашли свое применение в компьютерах, мобильных телефонах, а так же в бытовой техники [4, 5]. Радиоконтроллеры Bluetooth дают нам возможность управления разными режимами работы кондиционеров, фотокамер, микроволновых СВЧ-печь, холодильников, стиральных машин и т.д. Так же есть много других областей, в которых применяется данная технология [8, 9].

Работа Bluetooth осуществляется в диапазоне частот 2,45 ГГц, отведенный под промышленные, научные и медицинские радиослужбы. Этот диапазон является нелицензионным, и, следовательно, подвергается воздействию огромного числа источников непреднамеренных помех [2-4].

Для того, чтобы помехи были устранены в заранее непредсказуемой электромагнитной обстановке можно применять два способа. Первый способ состоит в том, что в спектре ищутся свободные от помех участки, на которые и происходит динамическое распределение каналов.

Второй способ использует метод расширения спектра при скачкообразном изменении частоты FHSS (Frequency Hop Spread Spectrum). Именно этот способ применяется

в технологии Bluetooth.

При использовании данного способа рабочий диапазон 2,402…2,480 ГГц разбивается на N каналов с полосой 1 МГц и разносом 140…175 кГц.

Заметим, что для стран Европы и США число каналов равно 79, для Испании и Франция – 23.

Смена каналов происходит с частотой 1600 Гц по псевдослучайному закону, что позволяет значительно уменьшить воздействие помех от устройств, работающих в этом же диапазоне частот.

Однако, несмотря на это, довольно злободневным является проблема обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) устройств работающих с малым радиусом действия в непосредственной близости друг от друга в одном и том же диапазоне частот [6-8].

Проанализируем проблемы ЭМС на примере SRD (Short Range Devices), собранных по технологии Bluetooth. Рассчитаем вероятность появления внутриканальных помех в пикосетях Bluetooth.

Считаем, что одновременно с SRD функционирует оборудование, которое использует скачкообразную перестройку частоты FHSS. Предположим, что перестройка частоты приостановлена, тогда можно определить как вероятность появления помех в совпадающем канале (внутриканальные помехи), так и вероятность появления так называемых помех блокирования.

Согласно [8], вероятность появления помех в совпадающем канале Bluetooth (внутриканальные помехи) $P_{вн.п}$ от мешающего FHSS-устройства можно определить как частное от деления его рабочего цикла D на количество рабочих каналов Bluetooth:

$$\boldsymbol{P_{вн.1} = DN^{-1}}.$$

Результаты расчетов в графическом виде, представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Зависимость $P_{вн.п}$ от рабочего цикла D

Из представленной зависимости видно, что с уменьшением D, вероятности $P_{вн.п}$ также уменьшается.

Очевидно, что с увеличением источников помех m вероятность $P_{вн}$ также возрастает

$$\boldsymbol{P_{вн.i} = D(1 - [(N\text{-}1)N^{-1}]^{m})}.$$

График, отражающий полученную зависимость, представлен на рисунке 2.

Следует обратить внимание на то, что в приведенных случаях $P_{вн.п}$ не привела к уменьшению пропускной способности менее 90%, потому что более 90% спектра осталась свободной от помех [9-14].

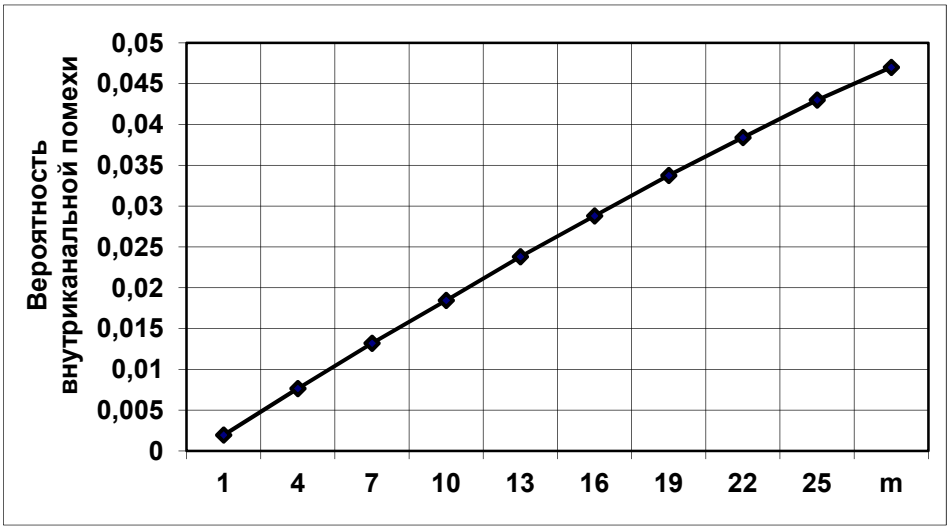


Рисунок 2 – Зависимость вероятности появления $P_{вн}$ от числа источников помех *m*

Таким образом, в результате математического моделирования были получены инженерные зависимости, позволяющие получить вероятность появления внутриканальных помех от величины рабочего цикла мешающих устройств и их количества. Показано, что вероятность появления внутриканальных помех растет прямо пропорционально их значениям.

Литература

1. Артюшенко, В. М. Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации [Текст] // В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, И. М. Белюченко, Н. А. Васильев, В. Н. Зиновьев, Ю. В. Стреналюк, Г. Г. Вокин, К. Л. Самаров, М. Е. Ставровский, С. П. Посеренин, И. М. Разумовский, В. Ю. Фоминский. Монография / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко. – Королев. – ГБОУ ВПО ФТА. – 2014. – 318 с.
2. Артюшенк, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В. М. Артюшенко: монография // Королев МО: Изд-во «Канцлер». – 2014. – 298 с.
3. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Расчет и проектирование структурированных мультисервисных кабельных систем в условиях мешающих электромагнитных воздействий [Текст] /под. ред. д.т.н., профессора Артюшенко В. М. // Королев МО: ФТА, 2012. – 264 с.
4. Артюшенко, В. М., Белянина, Н. В. Цифровые сети доступа технологии xDSL [Текст] / – М.: Изд-во СГУ, 2010. 210 с.
5. Артюшенко, В. М., Корчагин, В. А. Анализ беспроводных технологий обмена данными в системах автоматизации жизнеобеспечения производственных и офисных помещений [Текст] / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т.6. – №2. – С.18 – 24.
6. Артюшенко, В. М., Корчагин, В. А. Оценка влияния электромагнитных помех радиоэлектронных средств на беспроводные устройства малого радиуса действия [Текст] / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. –2010. – Т.6. – №2. – С.10 – 17.

7. Артюшенко, В. М., Корчагин, В. А. Оценка влияния помех от радиоэлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием [Текст] / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы.– 2010. – Т.6. – №4. – С.3 – 6.
8. Артюшенко, В. М., Корчагин, В. А. Проблемы электромагнитной совместимости цифрового электротехнического оборудования на промышленных и бытовых объектах [Текст] / В. М. Артюшенко, В. А. Корчагин // Научный журнал. Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. – 2009. – №4. – С.95 – 98.
9. Корчагин, В. А., Артюшенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. А. Корчагин, В. М. Артюшенко // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. – Т.5. – №3. – С.3 – 11.
10. Аббасова, Т. С., Стреналюк, Ю. В., Васильев, Н. А. Обеспечение эффективного теоретических основ информатики и системного анализа / под научной редакцией д. т. н., проф. В.М. Артюшенко // Королев. – 2014. – С. 5-24.
11. Балашова, Т. В., Горбатенко, В. Е., Олифер, С. С. Расчет вероятности появления внутриканальной помехи в пикосети Bluetooth // сб. ст. IV Международной (заочной) научно-практической конференции «Теоретические и прикладные аспекты современной науки» (31 октября 2014 г., Белгород, Россия). Агентство перспективных научных исследований.
12. Белюченко, И. М., Зиновьев, В. Н., Стреналюк, Ю. В., Самаров, К. Л. Анализ электромагнитной совместимости излучающих радиосистем малого радиуса действия в системах сбора телеметрической информации // Двойные технологии. – № 4 – 2014. С. 6 – 9.

УДК 621.396.6-181.

Характеристики интерполяции сигналов на основе ряда Котельникова

И.М. Белюченко, д.т.н., профессор,
В.Н. Зиновьев, д.т.н., профессор,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Рассмотрим процесс восстановления непрерывного сигнала по откликам фильтра нижних частот – ФНЧ на квантованья отсчеты ряда Котельникова. Определяется среднеквадратическая ошибка восстановления в зависимость от числа учитываемых откликов при цифровой фильтрации, ошибок квантования отсчетов, точности временной привязки отсчетов.

Ряд Котельникова, дискретизация, квантование, среднеквадратическая ошибка.

Recovery characteristics of signals based on the Kotel'nikov number

I.M. Belyuchenko, Dr.Sci.Tech, Prof.,
V.N. Zinoviev, Dr.Sci.Tech, Prof.,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The recovery process of a continuous signal from the responses lowpass filter on the quantization of the report of the Kotelnikov number. The mean square error of recovery depending on the number of responses accounted for digital filtering, quantization error reports, precision of timing reports is being determined.

The number of Kotel'nikov, sampling, quantization, mean square error.

Теоремой отсчетов В. А. Котельникова определяется максимально допустимый период дискретизации T непрерывного сигнала S(t) с верхней частотой спектра F_m.

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S(nT)\frac{\sin\pi\,(t/T-n)}{n(t/T-n)}, \text{где } T = \frac{1}{2F_m} \qquad (1)$$

Принципиальное преимущество ряда Котельникова перед другими разложениями сигнала на ортогональные системы функций заключено в использовании отсчётов самого сигнала в качестве коэффициентов рода разложения.

В принципе, эта замечательная особенность ряда Котельникова позволяет передавать дискретные значения непрерывного сигнала с периодом $T=l/2F_m$, а на приёмной стороне восстанавливать непрерывные значения сигнала S(t).

Практически суммировать бесконечное число членов ряда для интерполяции значений S(t) между отсчётами нереально. Кроме того, сами дискретные значения S(t) могут быть измерены и переданы с конечной точностью. Для цифровых методов передачи это точность квантования по амплитуде, для аналоговых методов эта точность определяется соотношением сигнал/шум тракта передачи. Кроме перечисленного необходимо учитывать ошибку временной привязки дискретных сообщений на приёмной стороне,

особенно при передаче по одному каналу связи сигналов от нескольких источников.

Таким образом, при реализации восстановления значений сигнала S(t) по принятым отсчётам {S(nT)}, n=l, N (N-число отсчётов сигнала) необходимо учитывать:

-ошибки из-за суммирования конечного числа членов ряда (1);

-точности приёма значений отсчётов S(nT);

-точности временной привязки отсчётов к шкале времени (моментов определения

(nT)).

Рассмотрим упрощённую модель интерполяции сигнала S(t) при следующих допущениях:

-принимаются отсчёты с одинаковой единичной амплитудой;

-восстановление сигнала между отсчётами производятся суммированием конечного числа рода (1);

-точность определения значений отсчётов S(nT) конечная и задана в виде σ_a(СКО);

-точность временной привязки моментов отсчёта (nT) известна и задана в виде σ_t(СКО);

<u>Оценка ошибки интерполяции при конечном числе членов ряда (1)</u>

В рассматриваемой модели восстановления сигнала очевидно, что максимальная ошибка интерполяции находится посередине между соседними отсчётами (рис.1). Примем одну из середин за начало отсчёта. По оси абсцисс отложена фаза $x = \omega_m \cdot t = 2nF_m$. Ближайший справа от начала отсчёт отстоит на $\pi/2$, второй на $3/2\pi$ третий на $5/2\pi$ ...n-ый на $2n - 1/2\pi$. Ближайший слева отсчёт отстоит от начала на $-\pi/2$, второй на $-3/2\pi$ третий на $-5/2\pi$... п-ый на $-2n - 1/2\pi$.

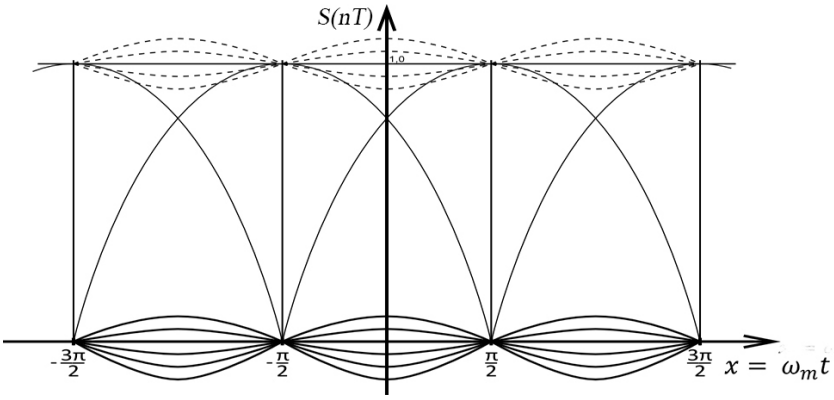


Рисунок 1 – Схема формирования откликов фильтра

Суммирование ряда (1) для интерполирования значения S(o) будем производить попарно. Сначала суммируем отклики первой пары отсчётов, затем второй пары и т.д.

sinTr/2 , sin(-Tr/2) _ „

Сумма откликов первых отсчетов $\frac{\sin\ \pi/2}{\pi/2} + \frac{\sin(-\pi/2)}{(-\pi/2)} = 4/\pi$;

Сумма откликов вторых отсчётов $\frac{\sin 3/2 \cdot \pi}{3/2 \cdot \pi} + \frac{\sin(-3/2 \cdot \pi)}{-3/2 \cdot \pi} = -1/3 \cdot 4/\pi$;

Сумма откликов третьих отсчётов $\frac{2}{5\pi}+\frac{2}{5\pi}=\frac{1}{5}\cdot\frac{4}{\pi}$;

Значение интерполированного сигнала

$$S(n)=\frac{4}{n}\left(1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\frac{1}{9}-\cdots\right)=\frac{4}{\bar{n}}\sum_{k=1}^{n}\frac{(-1)^{k-1}}{(2k-1)} \qquad (2)$$

При $\boldsymbol{n}\rightarrow\infty\ S(O)=1;\left(\sum_{k=1}^{\infty}\frac{(-1)^{k-1}}{2k-1}=\frac{\bar{n}}{4}\right)$;

В таблице 1 приведены значения $S_n(0)$ при $n=\overline{1,9}$.

Таблица 1 – Значения $S_n(0)$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значения $S_n(0)$	1.273	0.849	1.104	0.922	1.063	0.947	1.045	0.96	1.035

Как видим, уменьшение абсолютной ошибки с увеличением числа суммарных откликов медленное. Например, при суммировании откликов от 8 пар отсчётов абсолютная ошибка составляет 0,04 (4%), от 18 пар 0,02 (2%).

Целесообразно найти СКО ошибки метода – σ_m, чтобы в итоге можно было получить результирующую ошибку интерполяций с учётом σ_a и σ_t.

Полагаем, что абсолютная ошибка интерполяции на интервале $\left(0,\frac{\bar{n}}{2}\right)$ распределена равномерно.

$$D_m^{(n)}=\frac{2}{\bar{n}}\int_0^{\frac{\bar{n}}{2}}\left(\Delta_m^{(n)}\cdot 2\right)x^2dx-[M\,\Delta_m^{(n)}(x)]^2=\frac{\left(\Delta_m^{(n)}\right)^2}{3}-\frac{\left(\Delta_m^{(n)}\right)^2}{4}=0{,}083\left(\Delta_m^{(n)}\right)^2 \qquad (3)$$

$$\Delta^{(n)}(x)=\frac{\Delta_m^{(n)}}{\frac{\bar{n}}{2}}\cdot x=\Delta_m^{(n)}\cdot\frac{2x}{n\bar{n}};$$

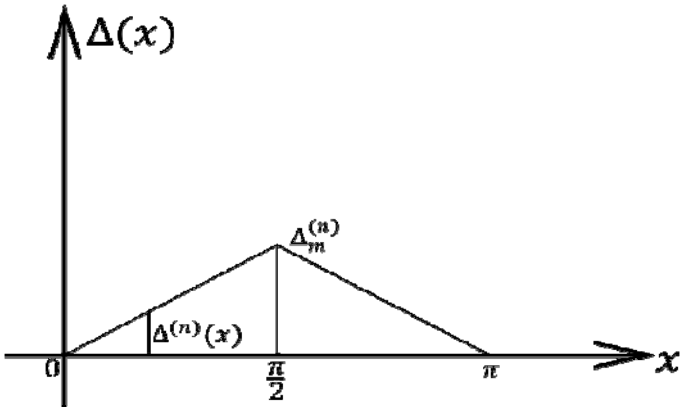


Рисунок 2 – График абсолютной ошибки интерполяции – $\Delta^{(n)}(x)$

Отсюда ошибка метода (СКО)

$\sigma_m^{(n)} = 0.29 \cdot \Delta_m^{(n)}$ Например, при $n = 8\Delta_m^{(8)} = 0.04$ и $\sigma_m^{(8)} = 0.012$. Следует отметить, что ошибка метода не зависит от периода опроса $T = 1/2F_m$ (характеристики сигнала), а зависит только от числа членов суммирования п.

<u>Оценка влияния ошибки определения амплитуды отсчётов.</u>

При суммировании ряда (1) точность оценки S(t) будет также зависеть от точности оценки S(nt). Полагаем дисперсию ошибки амплитуды отсчётов S(nt) равной D_a. По аналогии с предыдущим определяем последовательно дисперсию ошибки при суммировании откликов первой пары отсчётов $2 \cdot 4/\bar{n}2 \cdot D_a$, второй пары $2 \cdot 4/\text{п}2 \cdot D_a\left(1/_3\right)^2$, третей пары $2 \cdot 4/n2 \cdot D_a\left(1/_5\right)^2$ и т.д.

Дисперсия ошибки при суммировании n пар

$$D^{(n)}{}_a = 8/\bar{n}^2\ D_a \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{(2k-1)^2} \approx D_a \text{ и } \sigma^{(n)}{}_a = \sigma_a$$

Статические ошибки интерполяции S(t), зависящие от ошибок определения амплитуды отсчётов S(Nt), практически совпадают с ошибками определения последних и не зависят ни от характеристик сигнала, ни от числа учитываемых членов ряда (1).

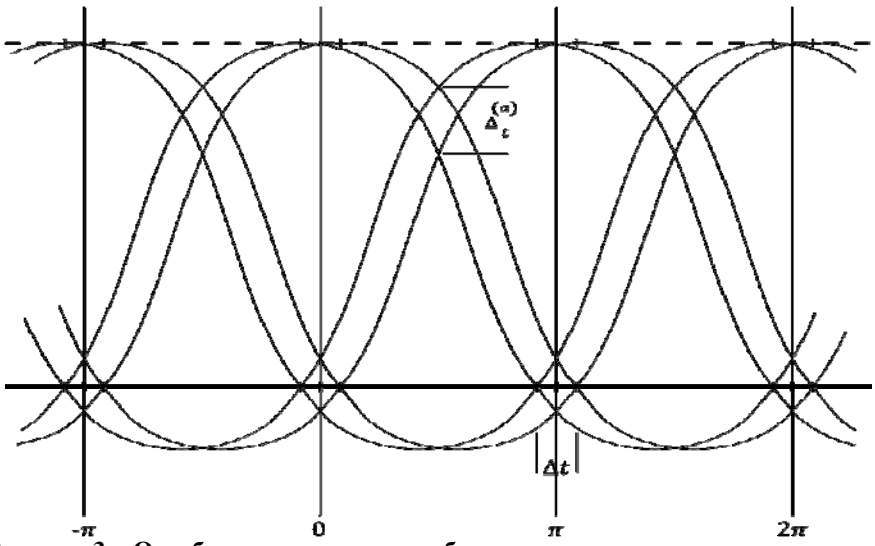


Рисунок 3 – Ошибки интерполяции, обусловленные точностью временной привязки отсчётов при восстановлении S(t)

Появление ошибок интерполяции из-за ошибок временной привязки отсчётов иллюстрируется рисунок 3.

Пересчёт ошибки временной привязки в ошибку интерполяции проведём, используя приращение базисной функции

$$\frac{d}{dt}\frac{\sin(\omega_m t - k\bar{n})}{\omega_m t - k\bar{n}}\Delta t = \frac{\cos(\omega_m t - k\bar{n})\omega_m(\omega_m t - k\bar{n}) - \omega_m \sin(\omega_m t - k\bar{n})}{(\omega_m t - k\bar{n})^2}\Delta t$$

В середине между соседними отсчётами аргумент

$$(\omega_m t - k\bar{n}) = \left(\pm\frac{\bar{n}}{2}; \pm\frac{3\bar{n}}{2}; \pm\frac{3\bar{n}}{2}; \text{и т.д.}\right) = \pm(2л - 1)\frac{\bar{n}}{2};$$

и приращение базисных функций определяется как

$$\frac{(-1)^k}{\left[(2k-1)\frac{\bar{n}}{2}\right]^2}\omega_m \Delta t$$

Полагаем, что Δt случайная величина, распределённая по нормальному закону с нулевым мат ожиданием и СКО $\sigma_t = \sqrt{D_{t.}}$.

Результирующая дисперсия ошибки интерполяции $D_t{}^{(a)}$, обусловленная неточностью временной привязки S(nt), определяется как

$$D_t^{(a)} \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^k}{\left[(2k-1)\frac{\bar{n}}{2}\right]^2}\omega_m^2 \cdot D_t = D_t \cdot \omega_m^2 \cdot \frac{32}{\bar{n}4}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{(2k-1)^4} \qquad (5)$$

Откуда СКО ошибки интерполяции

$$\sum_t^{(a)} = \sqrt{D_t^{(a)}} \approx 0.6 \cdot \omega_t \cdot \sigma_t = 3.77 \cdot F_m \cdot \sigma_t$$

Величина $\sigma_t^{(a)}$ практически не зависит от числа суммируемых членов ряда (1), но зависит от характеристики сигнала F_m.

Если задана допустимая ошибка интерполяции $\sigma_t^{(a)}$ и известна верхняя частота спектра сигнала F_m, то требуемая точность временной привязки отсчётов $\sigma_t = \sigma_t^{(a)}/3{,}77 \cdot F_m$. Например, при допустимой ошибке $\sigma_t^{(a)}$ = 0.01(1%) и известной точности временной привязки $\sigma_t = 10^{-3}$ можно определить верхнюю частоту спектра сигнала F_m=2,6 гц. Если при той же требуемой точности восстановления S(t) необходимо передавать сигнал с F_m=100 гц, то потребуется точность временной привязки отсчётов $\sigma_t = 2.6 \cdot 10^{-5}$ с = 26 мкс.

Результирующая дисперсия ошибки интерполяции сигнала S(t) определяется как

$$D_\Sigma = D_m{}^{(n)} + D_a + D_t{}^{(a)}$$

СКО результирующей ошибки

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{(\sigma_m{}^{(n)})^2 + \sigma_a{}^2 + (\sigma_t{}^{(a)})^2} = \sqrt{(0.29 \cdot \Delta^{(n)}{}_m)^2 + \sigma_a{}^2 + (3.77 \cdot F_m \cdot \sigma_t)^2}$$

где $\Delta^{(n)}{}_m$ − абсолютная ошибка интерполяции, определяемая числом членов ряда при суммировании;

σ_a − СКО ошибки определения амплитуды отсчётов S(nt);

σ_t − СКО ошибки временной привязки отсчётов S(nt);

F_m − максимальная частота спектра сигнала S(t).

Проведенные оценки показывают, что помимо чисто технических трудностей реализации оптимальных фильтров в цифровой или аналоговой ферме для сигналов с различными спектрами (F_m) существенные трудности реализации заключаются в процедурах суммирования с определённым весом большого числа членов ряда (1), которые сами могут быть измерены с конечной точностью и имеют конечную точность привязки

к временной шкале.

Поэтому в цифро-аналоговых преобразователях применяют аналоговые фильтры НЧ, т.к. они не ограничивают число учитываемых откликов.

В аналогово-цифровых преобразователях необходимо обеспечивать стабильность генераторов синхронизации отсчетов зависимости от допустимой ошибки восстановления.

Литература

1. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. [Текст] / И. С.Гоноровский // М.Радио и связь. – 2003 г.
2. Самаров, К. Л., Артюшенко, В. М., Стреналюк, Ю. В. Алгоритм цифровой фильтрации Калмана – Бьюси для случая негауссовский помех: современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации [Текст] / К. Л. Самаров, В. М. Артюшенко, Ю. В. Стреналюк // ФТА. – г. Королев. – 2014г.

УДК 621,372 (075)

Уточнение критерия «Надежность-стоимость»

И.М. Белюченко, д.т.н., профессор,
В.Н. Зиновьев, д.т.н., профессор,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Рассматриваются способы обеспечения требуемой надежности сложных моноблочных систем с учетом стоимостей блоков способы обеспечивают при заданной области стоимости системы, полученные максимального показателя надежности или достигнуть заданный показатель надежности системой минимальной стоимости. При модернизации сложных систем, имеющих определенную выработку ресурса, предложен аппарат учета снижения стоимости системы и блоков по мере расхода ресурса.

Надежность, система, стоимость, ресурс.

Clarity of citation «reability-cost»

I.M. Belyuchenko, Dr.Sci.Tech, Prof.,
V.N. Zinoviev, Dr.Sci.Tech, Prof.,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The methods required to ensure the reliability of complex multi-block systems, taking into account costs of a blocks, are being looked through. For a given total system costs, methods provide maximum reliability index or capable of accomplishing the indicators of achievement indicators of reliability at the lowest costs. For upgrading complex systems, having a certain production resource, an apparatus to reduce the cost accounting system and blocks with the resource consumption were offered.

Reliability, system, cost, resource.

В работе [1] предложен метод оптимизации характеристик сложных систем. Этот метод основан на использовании достаточно известных в теории надежности зависимостей. Коэффициент готовности системы, состоящей из I элементов определяется как

$$K = \prod_{i=1}^{I} K_{ri} \; - \; \text{коэффициент готовности i} - \text{го элемента} \qquad (1)$$

При нормировании условий определения K_{ri} можно трактовать его как вероятность работоспособного состояния элемента на интервале наблюдения

$$P = \prod_{i=1}^{I} P_i \qquad (2)$$

Надежность i-го элемента при резервировании оценивается как

$P_2^{(n)} = 1 - (1 - P)^n$, где P - показатель надежности нерезервированного элемента, n – кратность резервирования

Стоимость системы определяется аддитивной функцией:

$$C = \sum_{i=1}^{I} C_i \text{ где } C_i - \text{ стоимость } i - \text{ го элемента} \tag{4}$$

Стоимость i-го элемента при кратном резервировании:

$C_i^{(n)} = n_i C_i (5)$

Функция стоимости элемента с учетом надежности принят, как

$C_i = K_i \ln(1 - P_i)$

или $P_i = 1 - e^{-\alpha_i C_i}$ где α_i $const$

Последняя формула наглядно показывает зависимость между стоимостью и надежностью резервируемых элементов

При $C_i^{(2)} = 2 \cdot C_i \quad P_i^{(2)} = 1 - (1 - P_i)^2 = 1 - e^{-2C_i \cdot \alpha}$

$C_i^{(3)} = 3 \cdot C_i \quad P_i^{(3)} = 1 - (1 - P_i)^2 = 1 - e^{-3C_i \cdot \alpha}$ и т. д.

Оптимизация надежности системы производиться на основе метода Лагранжа путем решения системы уравнений [1].

$$\begin{cases} \left\{\dfrac{\partial P}{\partial P_i} \cdot \dfrac{\partial P_i}{\partial C_i} = \Lambda\right\}_{i=1,I} \\ P = \prod_{i=1}^{I} P_i \bigcup C_i = \sum_{i=1}^{I} C_i \end{cases} \tag{8}$$

Где Λ *неопределенный множитель Лагранжа.*

Используя выше приведенные зависимости, система уравнений преобразуется к виду

$$\begin{cases} \dfrac{1}{\alpha_i} \dfrac{P_i}{1 - P_i} \cdot \dfrac{1}{p} = \Lambda \\ P = \prod_{i=1}^{I} P_i \bigcup_{i=1}^{I} C_i = \sum_{i=1}^{I} C_i \end{cases} \tag{9}$$

Практика применения этого метода показала необходимость его детализации. Показатель надежности аппаратуры зависит от времени

$$P = e^{-\lambda t} \text{где } \lambda - \text{интенсивность отказов.} \tag{10}$$

Функция стоимости от времени не зависит.

$$P = 1 - e^{-\alpha c} \tag{11}$$

При обязательном равенстве $e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\alpha c}$ следует $e^{-\alpha c} = 1 - e^{-\lambda t} = q(t)$, где q(t) вероятность отказа элемента на интервале (0,t)

$$p(t) + q(t) = 1 \tag{12}$$

Поэтому переменная $e^{-\alpha c}$ должна зависеть от времени.

Как может зависеть от времени стоимость аппаратуры?

Фактически при использовании таких понятий как ресурс аппаратуры, остаточная стоимость эксплуатируемой аппаратуры убывает со временем. Начальная стоимость относиться к новой, обладающей полным ресурсом аппаратуре. ПО мере эксплуатации расходуется ресурс и по достижению предельного состояния ресурс считается выработанным.

Для неремонтируемой аппаратуры этот момент можно принять за среднее время наработки на отказ $-T_0 = \frac{1}{\lambda}$. Фактически определение этого времени следует из формулы

$$T_0 = \int_0^{\lambda} e^{-\lambda t}\, dt = \frac{1}{\lambda} \tag{13}$$

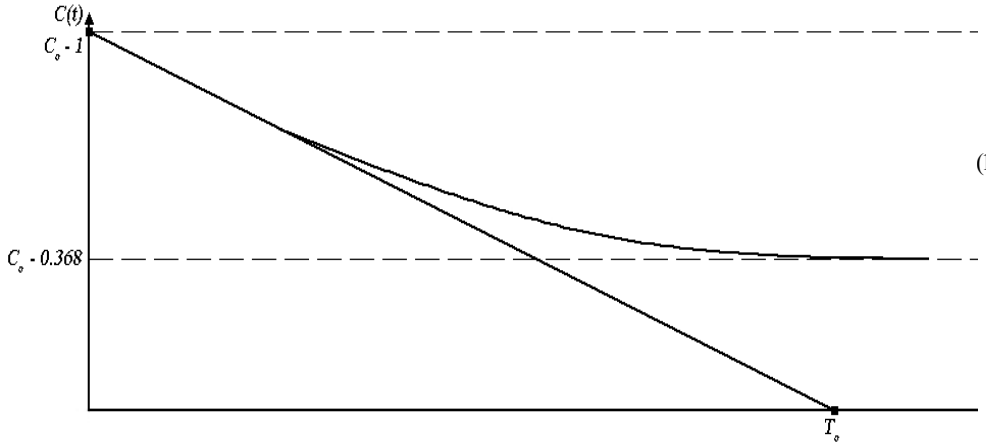


Рисунок 1 – Две формы оценки стоимости остаточного ресурса

Можно допустить, что остаточная стоимость эксплуатируемой аппаратуры зависит от остаточного ресурса.

Предполагается две формы оценки C(t).

Первая форма оценки стоимости производиться при допущении $\alpha = -\frac{\ln(1-P)}{C_0} = const$.

C_0 – стоимость новой аппаратуры.

$\frac{C_0}{T_0}$ – норма снижения стоимости во времени.

Тогда

$$C(t) = \frac{C_0}{T_0} \int_t^{\infty} e^{-\lambda t}\, dt = C_0 \cdot e^{-\lambda t} \tag{14}$$

Вторая форма оценки стоимости.

На зависимость функции стоимости от времени накладывается дополнительное условие, которое заключается в совместимости оценок стоимостей по формулам (6а) и (14).

Другими словами, необходимо определить зависимость вида $\alpha(t)$.

Из(6а) и(14) получаем

$$\alpha(t) = -\frac{\ln q(t)}{C(t)} = -\frac{\ln(1 - e^{-\lambda t})}{C_0 \cdot e^{-\lambda t}}$$

Как соотносятся оценки надежности, полученные при этих формах зависимости стоимости от времени.

Рассмотрим пример.

Исходные данные $P(10000_ч) = 0.9; C(1000_ч) = 1$

Определить зависимости $C(t)$ и $\alpha(t)$, которые удовлетворяют условию $C(t) \cdot \alpha(t) = -\ln q(t)$

$\lambda = -\frac{\ln P}{t} = 10.5 \cdot 10^{-5}\ {}^{1}/_{ч}$; Средняя наработка на отказ $T_0 = \frac{1}{\lambda} = 9524_ч$

При $C(t) = C_0 \cdot e^{-\lambda t}$ $C_0 = \frac{C(1000_ч)}{0.9} = 1.11$

Оценки $C(t)$ и $\alpha(t)$ приведем в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость стоимости от времени

t()	500	1000	1500	2000	2500	3000	9524
P(t)	0.949	0.5	0.854	0.81	0.768	0.729	0.368
Q(t)	0.051	0.1	0.146	0.19	0.232	0.271	0.632
C’(t)	1.05	1.0	0.948	0.899	0.852	0.81	0.386
α(t)	2.83	2.3	2.03	1.85	1.71	1.61	1.19
C”(t)	1.79	1.0	0.84	0.72	0.63	0.57	0.2
α	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3

Результаты примера показывают, что для корректных оценок характеристик аппаратуры по критерию «Надежность – стоимость» необходимо:

-Учитывать зависимость стоимости аппаратуры от времени работы. Рекомендуется применять ресурсный подход, при котором $C(t) = C_0 \cdot e^{-\lambda t}$ где C_0 – стоимость аппаратуры в начальный период (новой аппаратуры);

- Коэффициент стоимости в функции стоимости не может быть постоянным, а также зависит от времени, что бы соблюдалось равенство

$-\ln q(t) = \alpha(t) \cdot C(t) = \alpha(t) \cdot C_0 \cdot e^{-\lambda t}$

- Если принять исходную предпосылку оценок показателей надежности, при которой $\lambda = const$ и $\alpha = const$, то зависимость стоимости аппаратуры от времени наработки будет определяться как $C(t) = -\frac{\ln q(t)}{\alpha}$.При таком подходе оценка остаточной стоимости аппаратуры по мере выработки ресурса получается пессимистической.

- При оценках по критерию «Надежность - стоимость» все исходные данные необходимо приводить к одному времени наработки и по техническим и по стоимостным характеристикам**.**

Литература

1. Белюченко, И. М. Метод оптимизации характеристик функциональной надежности сложных систем [Текст] / И. М. Белюченко // Космонавтика и ракетостроение – №22. – 2001 г.
2. Белюченко, И. М. Основы эргономики и дизайна радиоэлектронных средств бытового назначения [Текст] / И. М. Белюченко // М. Сайнс-пресс. – 2007.

3. Калур, К, Ламберсон, Л. Надежность проектирование систем [Текст] / К. Калур, Л. Ламберсон // Изд. «Мир». – М. – 1980 г.
4. Аббасова, Т. С., Шляхтин, С. А. Методы увеличения коэффицента готовности в системах бесперебойного электропитания [Текст] / Т. С. Аббасова, С. А. Шляхтин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – №1-2. – т.4 – 2008 г.

УДК 389.143

Способ задания требований к показателям надежности испытательного оборудования с учетом рисков испытываемых приборов

Г.П. Богданов, д.т.н.,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Рассмотрен способ задания требований к показателям безотказной работы испытательного оборудования за межаттестационный интервал с учетом рисков применения испытываемых средств измерений.

Испытательное оборудование; средство измерений; испытание, дающее количественный результат.

Method for job requirements to indicators reliability of the test equipment risk-adjusted the test devices

G.P. Bogdanov, Dr.Sci.Tech,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The way of a task of requirements to indexes of no-failure operation of a test facility for an intercertification interval taking into account risks of application of the tested measuring instruments is considered.

Test instrument, measuring instrument, quantitative test.

Для обоснованного назначения интервала периодической аттестации испытательного оборудования (ИО) необходимо располагать информацией о требуемом значении вероятности безотказной работы оборудования на конец этого периода. Требования к значению вероятности безотказной работы ИО на окончание интервала времени периодической аттестации должны учитывать не только показатели надежности этого оборудования, но и показатели надежности испытываемых средств измерений (СИ) и важности выполняемых ими измерительных задач. Вполне очевидно, что у объектов испытаний с более высокими рисками их применения должны быть более высокие показатели надежности средств испытаний.

В общем случае риск от использования продукции – это сочетание вероятности наступления неблагоприятного события P^* (оценка частот) и оценки тяжести ущерба от его наступления Д (анализ последствий использования). Следует отметить, что в нормативных документах в области практической метрологии [1] по степени важности решаемых измерительных задач СИ подразделяются на три группы. Для приборов, обеспечивающих технические измерения малозначительных измерительных задач (1 группа), допускается доля метрологических отказов за интервал между поверками $\varepsilon = 0{,}2$. Для приборов, обеспечивающих измерения при обслуживании техники (2 группа), приводится значение коэффициента метрологических отказов $\varepsilon = 0{,}1$. Для приборов, выполняющих ответственные измерения (3 группа), например, связанные с безопасностью людей, допускается $\varepsilon = 0{,}05$.

С учетом ужесточающихся требований к обеспечению безопасности в сфере технического регулирования и гармонизации с международными стандартами предлагается

рабочие СИ разделить на четыре группы. Эти группы предлагается классифицировать в соответствии с серьезностью последствий от использования продукции, принятой в международной системе анализа рисков ХАССП (англ. HACCP – Hazard Analysis and Critical Control, то есть анализ рисков и критические контрольные точки). Серьезность (тяжесть) последствия от невыполнения измерительной задачи из-за метрологических отказов применяемых СИ по аналогии с экологическими (биологическими) рисками представим четырьмя вариантами: 1 – незначительное (легкое – отсутствует потеря трудоспособности); 2 – серьезное (возможна потеря трудоспособности в течение нескольких дней); 3 – значительное (получение инвалидности); 4 – катастрофическое (летальный исход).

К первым трем вариантам отнесем приведенные выше три группы СИ по важности измерительных задач. Дополнительно к четвертой группе отнесены СИ, выполняющие особо важные ответственные измерения в области безопасности государства и предотвращения катастроф. Предложенная классификация СИ с учетом рисков применения служит основой комплексного подхода нормирования показателей качества испытаний и адаптивной аттестации применяемого ИО.

Стоимостной экономический ущерб от невыполнения измерительной задачи из-за метрологических отказов применяемых СИ можно определить по аналогии с оценкой экономического ущерба от экологических нарушений в виде денежных штрафов или денежной компенсации [2]. По оценке экологических рисков и последствий нарушений серьезность последствий для смежных n (4, 3, 2, 1) вариантов (катастрофическое, значительное, серьезное, незначительное) отличается на порядок, то есть в десять раз.

Качественно риски, в том числе, риски СИ принято относить к следующим категориям: В – высокая величина риска; С – средняя величина риска; М – малая величина риска; Н – незначительная величина риска.

Для анализа рисков целесообразно составить таблицу-матрицу.

Таблица 1 – Матрица рисков

Группа СИ	Частота событий в год Р*	Качественная характеристика события	Серьезность последствия			
			Катастрофическое	Значительное	Серьезное	Незначительное
4	10^{-3}	Маловероятное	В	С	Н	Н
3	10^{-2}	Случайное	В	В	М	Н
2	10^{-1}	Вероятное	В	В	С	М
1	> 1	Частое	В	В	В	М

Тяжесть вреда от невыполнения СИ измерительной задачи с учетом серьезности последствий представляется следующей зависимостью:

$Д = C_0 \cdot n^2 \cdot 10^n$, где C_o – размер ущерба условно в денежном выражении при катастрофических последствиях; n – номер варианта последствий и группы измерительной задачи (группы СИ).

Частота неблагоприятных событий описывается следующей зависимостью:

$$P^* = 10^{1-n}.$$

Фактически процедуру испытаний СИ предложено рассматривать как измерительный процесс в системе, состоящей из испытываемого прибора с встроенной системой контроля одного из параметров. В качестве «встроенной системы контроля» в данном случае принимается средство испытаний.

Тогда показатели надежности СИ необходимо учитывать в комплексе для оценки надежности системы «СИ – ИО».

Величина риска от наступления неблагоприятного события с учетом частоты

возможного его проявления оценивается как:

$$X = ДР*$$

Для представления зависимости требуемого уровня вероятности безотказной работы ИО от возможных последствий от невыполнения измерительной задачи из-за отказов испытываемого СИ представлен трехмерный график в декартовых координатах (рисунок). Основание графической зависимости представляет матрица рисков, а вертикальная координата (ордината) – требуемое значение вероятности безотказной работы средств испытаний $P_{тр}(X^{-1})$, где X^{-1} – обратная величина оценки риска.

Зависимость $P_{тр}(X^{-1})$ по аналогии с вероятностью безотказной работы описывается, как правило, экспоненциальной аппроксимирующей функцией $P_{тр}(X^{-1})$ = exp(-1/X).

Требуемая вероятность безотказной работы $P_{тр}$= exp (- 1/X)

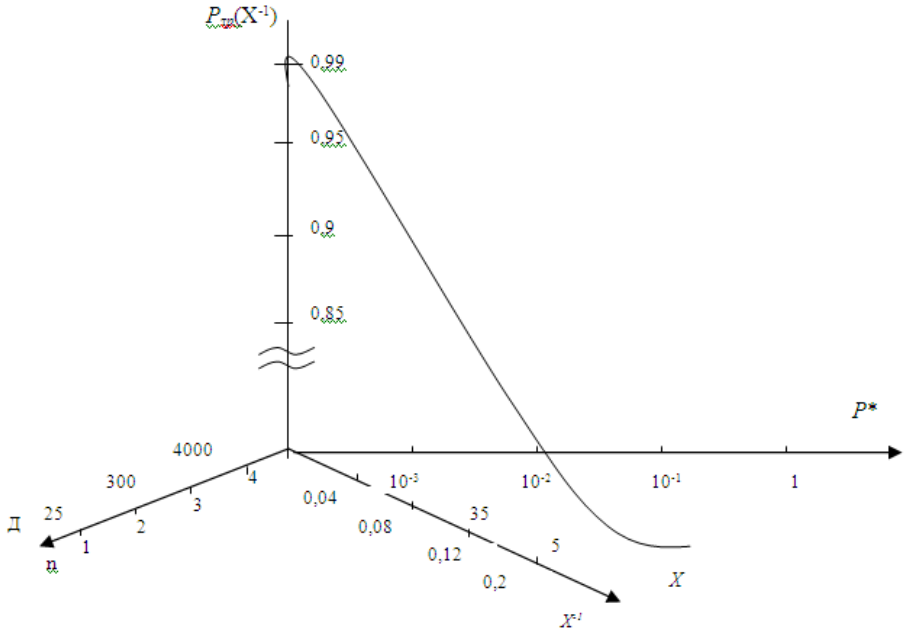


Рисунок 1 – Графическая зависимость $P_{тр}(X^{-1})$

На рисунке представлена графическая зависимость $P_{тр}(x)$ и выделены четыре области требуемых значений вероятности безотказной работы ИО. При определении первичного интервала периодической аттестации ИО значение вероятности безотказной работы $P_{тр}$ по аналогии с рабочими эталонами для периодической поверки испытываемых СИ рекомендуется выбирать в следующем интервале:

0,85-0,9 – для испытаний СИ 1-й группы, выполняющих малозначительные технические измерения;

0,9-0,95 – для испытаний СИ 2-й группы, обеспечивающих учет, расчеты с потребителями, техническое обслуживание техники;

0,95-0,99 – для испытаний СИ 3-й группы, использующихся в технологических процессах, измерениях, связанных со здоровьем людей, контролем окружающей среды;

0,99-0,999 – для испытаний уникальных СИ 4-й группы, применяемых в особо ответственных измерениях с катастрофическими последствиями от применения неис-

правных приборов.

Предложенная градация требований к показателям безотказности позволяет обоснованно назначать межаттестационный интервал при первичной аттестации ИО с учетом рисков применения испытываемой продукции.

Литература

1. МИ 1872-88. ГСИ. Межповерочные интервалы образцовых средств измерений. Методика определения и корректировки.
2. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации. Учебное пособие. – М.: «Эльзивер». – 2000. – 431 с.

УДК 681.5

Использование теории конечных автоматов для управления сложными системами

М.Н. Бухаров, к.т.н., доцент, с.н.с.,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы управления сложными системами с использованием теории конечных автоматов. В данной работе мы продолжаем развитие разработанных нами методов и средств гибридного интеллекта [20, 22]. Состояния процессов и сами процессы теперь представляются не только событиями, но также и конечными автоматами [26]. В инструментальный программный комплекс [16, 20, 22] добавлены средства для построения конечных автоматов процессов и состояний процессов.

Сложная система, гибридный интеллект, конечный автомат.

Using the theory of finite automata to control of complex systems

M.N. Bukharov, **M.N. Bukharov**, Ph.D., Associate Professor, senior researcher,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

Consider control aspects of complex systems with theory of finite automata. The questions of management of complex systems using the theory of finite machines. In this work we continue the development of our developed methods and tools for hybrid intelligence. State processes and the processes themselves are now seen not only events, but also by finite machines. In the instrumental software package added tools for constructing finite machines processes and states of processes.

Complex system, hybrid intellect, finite automat.

Введение.

Системы гибридного интеллекта и теория конечных автоматов.

В [27] дано определение гибридного интеллекта: «гибридный интеллект – машино-активизированное семантическое мышление с использованием машинно-управляемой грамматически-организованной информации».

В [25] приведено определение системы гибридного интеллекта с позиции психологии: «система гибридного интеллекта строится по принципам самоорганизации и предназначена для уточнения задачи, дивергентного генерирования широкого спектра идей и подходов к ее решению, отбора и контроля вариантов решения, конвергенции н синхронизации всех участвующих интеллектов на определенных отобранных подходах в целях синтеза адекватной модели изучаемой ситуации, нахождения и согласованной реализации оптимального решения задачи».

Мы рассматриваем класс систем гибридного интеллекта [15, 16, 20, 22], основанных на процессном подходе к управлению. Система гибридного интеллекта этого класса в широком смысле – это человеко-машинная система (или комплекс), реализующая некоторую деятельность и преобразующая поступающие на ее вход объекты в объекты на ее выходе при постоянном воздействии на нее внешней среды и необходимости реагировать на них. Система основана на равноправном сотрудничестве искусственного

компьютерного и естественного человеческого интеллектов и процессной организации систем управления.

Система гибридного интеллекта в узком смысле понимается нами как система управления человеко-машинным комплексом, основанная на равноправном сотрудничестве искусственного компьютерного и естественного человеческого интеллектов и процессной организации управления.

В построенной нами теории систем гибридного интеллекта также важными являются понятия функциональной подсистемы, процесса и состояния процесса [20, 22].

Функциональная подсистема представляет собой совокупность процессов, направленных на решение логически взаимосвязанного круга задач, и человеческих ресурсов и компьютерных программ для поддержания их выполнения.

Процесс рассматривается как последовательность работ, выполняемых поочередно во времени и называемых состояниями процесса.

Состояние процесса – это объединение (гибрид) открытой экспертной системы, построенной с использованием искусственных нейронных сетей, нечетких множеств и скоринговых моделей и реализующей совокупность правил деловой логики, с одной стороны и человеческих ресурсов с другой стороны. В качестве объединяющего механизма используется имитационная модель событийного типа.

Рисунок 1 – Функционально-структурная схема СГИ

Примечание. СГИ – система гибридного интеллекта; ФП – функциональная подсистема (Сотрудники+АРМы+Процессы) АРМ – автоматизированное рабочее место; ФМ – функциональный модуль; СУ – система управления; БД – база данных; СУБД – система управления базой данных.

Нами была разработана [20, 22] функционально-структурная схема (см. рис.1), в соответствии с которой система гибридного интеллекта реализуется как иерархическая многоуровневая система. В качестве основы на первом уровне используются библиотеки готовых программ, реализующие исполнительную среду для работы системы. На втором уровне система представляется состояниями процессов, аккумулирующими логику работы комплекса, на третьем – совокупностью взаимодействующих процессов, а на четвертом – функциональными подсистемами, реализующими стратегию и тактику управления комплексом.

Система гибридного интеллекта может работать в трех режимах: 1) в реальном времени – для управления деятельностью; 2) в масштабируемом реальном времени – для имитации управления деятельностью; 3) в модельном времени – для моделирования управления деятельностью. На практике все эти три режима исполнения находят свое применение: 1) исполнение в реальном времени (кратко – реальное управление) – для управления работой организаций; 2) исполнение в масштабируемом реальном времени (кратко – имитация управления) – для обучения сотрудников организаций и для презентаций в учебных или коммерческих целях; 3) исполнение в модельном времени (кратко – моделирование управления) – для проектирования, а также для анализа и исследования с целью совершенствования работы организаций.

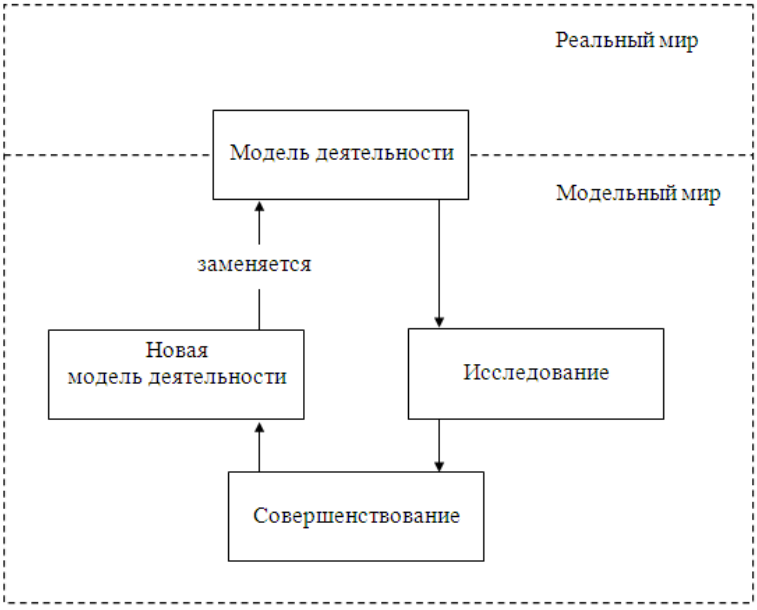


Рисунок 2 – Схема использования системы гибридного интеллекта

При моделировании управления, при имитации управления и при реальном управлении используется одна и та же исполнительная система для процессов и одна и та же исполнительная система для функциональных подсистем и одни и те же их описания. Это уменьшает погрешности результатов анализа за счет несоответствия модели и реаль-

ной действительности при моделировании управления и повышает реалистичность презентаций при имитации управления.

Такая организация систем управления сложными человеко-машинными комплексами (СК) повышает их эффективность и гибкость, что особенно актуально в сегодняшнем быстро меняющемся мире. Повышение эффективности достигается за счет возможности анализа моделей, принятия решений по результатам анализа и быстрого внедрения решений на практике. Схематично это изображено на рис. 2. Важно отметить, что в нашем подходе на этапах проектирования, создания и использования системы используется одна и та же имитационная модель.

При проектировании и исследовании сложных систем мы рассматриваем их как системы гибридного интеллекта и используем следующие уровни их представления [8, 13, 21]: 1) уровень черного ящика; 2) уровень функциональной структуры; 3) уровень алгоритмов; 4) уровень программной реализации.

Уровень черного ящика.

На уровне представления системы гибридного интеллекта в виде черного ящика теория конечных автоматов рассматривается нами как один из способов для задания процессов и состояний процессов.

Уровень функциональной структуры.

На уровне функциональной структуры системы гибридного интеллекта функции процессов и состояний процессов описываются как конечные автоматы. Рассмотрим это подробнее.

Конечным автоматом [26] называется система S={A, Q, V, δ, λ}, в которой A = $\{a_1, a_2, a_3, \ldots, a_m\}$, Q=$\{q_1, q_2, q_3, \ldots, q_n\}$, V=$\{v_1, v_2, v_3, \ldots, v_k\}$ – конечные множества (алфавиты), а $\delta{:}\mathrm{Q}\times A \to Q$ и $\lambda{:}\mathrm{Q}\times A \to V$ – функции, определенные на этих множествах. A называется входным алфавитом, V – выходным алфавитом, Q – алфавитом состояний, δ – функцией переходов, λ – функцией выходов. Если в автомате S выделено одно состояние, называемое начальным (обычно считается, что это q_1), то полученный автомат называется инициальным и обозначается (S, q).

Рассмотрим представление состояния процесса в виде конечного автомата. Входной алфавит конечного автомата A – это множество сообщений, поступающих в состояние. Выходной алфавит V – это множество сообщений, исходящих из состояния. Множество состояний конечного автомата Q содержит всего два элемента: q_1 – состояние процесса является текущим (активно) и q_2 – состояние процесса не является текущим (не активно).

Представление процесса в виде конечного автомата является объединением конечных автоматов всех состояний процесса. Входной алфавит конечного автомата A_p – это множество сообщений, поступающих во все состояния процесса, то есть:

$A_p = \bigcup_{i=1}^{n} A_i$, где A_i – множество входных сообщений i-го состояния процесса.

Выходной алфавит конечного автомата V_p – это множество сообщений, исходящих из всех состояний процесса, то есть:

$V_p = \bigcup_{i=1}^{n} V_i$, где V_i – множество выходных сообщений i-го состояния процесса.

Множество состояний конечного автомата Q содержит n+1 элемент: q_0 – процесс не активен, q_i – текущим (активным) состоянием процесса является i-е состояние процесса (i=1, 2, …, n).

Входящие сообщения направляются в конечный автомат текущего состояния процесса. Выходящие сообщения поступают на выход конечного автомата процесса только от конечного автомата текущего состояния процесса.

Уровень алгоритмов.

На уровне алгоритмов конечные автоматы процессов и состояний процессов представляются таблицами функций переходов и выходов. Тактом для конечных автоматов служит период активации состояний процесса.

Таблица 1 – Функция переходов и выходов конечного автомата процесса

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	…	a_{3+i}	…	a_{3+n}
q_0	q_1,v_1	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0
q_1	q_1,v_1	q_1,v_{n+1}	q_1,v_{2n+1}	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
q_2	q_2,v_2	q_2,v_{n+2}	q_2,v_{2n+2}	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
…	…	…	…	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
q_i	q_j,v_i	q_j,v_{n+i}	q_j,v_{2n+i}	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
…	…	…	…	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
q_n	q_n,v_n	q_n,v_{2n}	q_n,v_{3n}	q_1,v_{3n+1}	q_2,v_{3n+2}	…	q_i,v_{3n+i}	…	q_n,v_{4n}
							q_i,v_{3n+i}		
							q_i,v_{3n+i}		
							q_i,v_{3n+i}		

Алгоритм работы конечного автомата процесса следующий.

1. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_1 – «Запустить процесс». Если конечный автомат находился в состоянии q_0 – «Процесс не активен», то конечный автомат переходит в состояние q_1 – «Текущее состояние процесса 1» и выдает на выход сообщение v_1 – «Текущее состояние процесса 1». Если конечный автомат находился в состоянии q_i – «Текущее состояние процесса i», то конечный автомат остается в этом состоянии и выдает на выход сообщение v_i – «Текущее состояние процесса i активно», i=1, …, n. Эта часть алгоритма соответствует второму столбцу таблицы 1.

2. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_2 – «Приостановить процесс». Если конечный автомат находился в состоянии q_0 – «Процесс не активен», то конечный автомат остается в том же состояние и выдает на выход сообщение v_0 – «Процесс не активен». Если конечный автомат находился в состоянии q_i – «Текущее состояние процесса i», то конечный автомат остается в этом состоянии и выдает на выход сообщение v_{n+i} – «Процесс приостановлен в состоянии i», i=1, …, n. Эта часть алгоритма соответствует третьему столбцу таблицы 1.

3. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_3 – «Остановить процесс». Если конечный автомат находился в состоянии q_0 – «Процесс не активен», то конечный автомат остается в том же состояние и выдает на выход сообщение v_0 – «Процесс не активен». Если конечный автомат находился в состоянии q_i – «Текущее состояние процесса i», то конечный автомат остается в этом состоянии и выдает на выход сообщение v_{2n+i} – «Процесс остановлен в состоянии i», i=1, …, n. Эта часть алгоритма соответствует четвертому столбцу таблицы 1.

4. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_{3+i} – «Номер текущего состояния процесса i». Если конечный автомат находился в состоянии q_0 – «Процесс не активен», то конечный автомат остается в том же состоянии и выдает на выход сообщение v_0 – «Процесс не активен». Если конечный автомат находился в состоянии q_j – «Номер текущего состояния процесса j», то конечный автомат переходит в состояние q_i – «Номер текущего состояния процесса i» и выдает на выход сообщение v_{3n+i} – «Номер текущего состояния процесса i», i=1, …, n. Эта часть алгоритма соответствует столбцам 5-(4+n) таблицы 1.

В таблице 1 приведен пример функций переходов и выходов для конечного автомата процесса.

Для примера построим функцию переходов и выходов для процесса с пятью состояниями (см. таблицу 2.).

Таблица 2 – Функция переходов и выходов конечного автомата процесса с пятью состояниями

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
q_0	q_1,v_1	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0	q_0,v_0
q_1	q_1,v_1	q_1,v_6	q_1,v_{11}	q_1,v_{16}	q_2,v_{17}	q_3,v_{18}	q_4,v_{19}	q_5,v_{20}
q_2	q_2,v_2	q_2,v_7	q_2,v_{12}	q_1,v_{16}	q_2,v_{17}	q_3,v_{18}	q_4,v_{19}	q_5,v_{20}
q_3	q_3,v_3	q_3,v_8	q_3,v_{13}	q_1,v_{16}	q_2,v_{17}	q_3,v_{18}	q_4,v_{19}	q_5,v_{20}
q_4	q_4,v_4	q_4,v_9	q_4,v_{14}	q_1,v_{16}	q_2,v_{17}	q_3,v_{18}	q_4,v_{19}	q_5,v_{20}
q_5	q_5,v_5	q_5,v_{10}	q_5,v_{15}	q_1,v_{16}	q_2,v_{17}	q_3,v_{18}	q_4,v_{19}	q_5,v_{20}

Алгоритм работы автомата состояния процесса также задается таблицей функций переходов и выходов. В таблице 3 приведен пример функций переходов и выходов для конечного автомата состояния процесса.

Алгоритм работы конечного автомата состояния процесса следующий.

1. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_1 – «Номер текущего состояния процесса не совпадает с номером рассматриваемого состояния процесса». Конечный автомат остается в том же состоянии и выдает на выход пустое сообщение v_0. Эта часть алгоритма соответствует второму столбцу таблицы 2.

2. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_2 – «Номер текущего состояния процесса совпадает с номером рассматриваемого состояния процесса». Если конечный автомат находился в состоянии q_1 – «Состояние процесса не активно», то конечный автомат переходит в состояние q_2 – «Состояние процесса активно» и выдает на выход сообщение v_1 – «Состояние процесса активно». Если конечный автомат находился в состоянии q_2 – «Состояние процесса активно», то конечный автомат остается в этом состоянии и выдает на выход сообщение v_1 – «Состояние процесса активно». Эта часть алгоритма соответствует третьему столбцу таблицы 2.

3. Программа исполнения процессов выдает сообщение a_{2+i} – «Выполни i-е действие», i=1, …, n. Если конечный автомат находился в состоянии q_1 – «Состояние процесса не активно», то конечный автомат остается в том же состоянии и выдает на выход сообщение v_2 – «Состояние процесса не активно». Если конечный автомат находился в состоянии q_2 – «Состояние процесса активно», то конечный автомат остается в этом состоянии и выдает на выход сообщение v_i – «Состояние процесса начинает выполнение i-го действия». Эта часть алгоритма соответствует 4-(3+n) столбцам таблицы 3.

Таблица 3 – Функция переходов и выходов конечного автомата состояния процесса

	a_1	a_2	a_{2+1}	a_{2+2}	…	a_{2+i}	…	a_{2+n}
q_1	q_1,v_0	q_2,v_1	q_1,v_2	q_1,v_2	q_1,v_2	q_1,v_2	q_1,v_2	q_1,v_2
q_2	q_2,v_0	q_2,v_1	q_2,v_3	q_2,v_4	…	q_2,v_{2+i}	…	q_2,v_{2+n}

Такой алгоритм работы конечного автомата состояния процесса предполагает использование нескольких дополнительных алгоритмов:

1) алгоритма выполнения временного события;
2) алгоритма выполнения условного события.

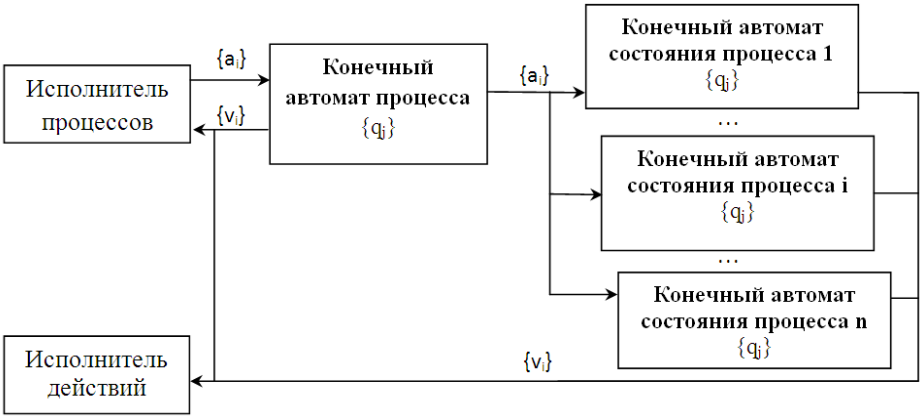


Рисунок 3 – Схема работы конечного автомата процесса и конечных автоматов состояний процесса

Временное событие реализуется тремя действиями:

1. Установка события в очередь.
2. Продвижение события в очереди.
3. Выполнение события и удаление события из очереди.

Если временное событие циклическое, то вместо третьего действия используется действие «Выполнение события и переустановка события в очереди».

Условное событие реализуется тремя действиями:

1. Установка события в очередь.
2. Вычисление условия.
3. Выполнение события и удаление события из очереди.

Если условное событие циклическое, то вместо третьего действия используется действие «Выполнение события и переустановка события в очереди».

Схема взаимодействия алгоритмов представлена на рисунке 3.

Уровень программной реализации.

Программная реализация системы гибридного интеллекта состоит из двух основных частей [15, 16]:

1) инструментальных программ для подготовки и трансляции описаний системы гибридного интеллекта в программные коды для компьютера и во внутреннее представление для систем исполнения;

2) программ исполнения для реализации подсистем управления (программы для исполнения процессов) и функциональных подсистем (программы для подключения (интеграции) и исполнения функциональных модулей и программы для взаимодействия (интерфейса) с человеком).

Инструментальные программы для подготовки и трансляции описаний системы гибридного интеллекта включают: язык описания структуры и логики деятельности и транслятор с этого языка [20, 22]; графические интерактивные средства для облегчения навигации по описаниям бизнес процессов организации при их проектировании [15, 16].

Программы для исполнения процессов (исполнительная система процессов) [18] позволяют загружать в память компьютера описания процессов и запускать их на исполнение, а также проводить их отладку. Для похожих по поведению процессов создаются шаблоны. Исполнительная система процессов позволяет по шаблону создать экземпляр процесса, загрузить его в память и запустить на исполнение, прослеживать ход выполне-

ния, собирать и анализировать параметры деятельности, реализуемой системой гибридного интеллекта. В частности, в исполнительной системе для процессов можно устанавливать точки останова в процессах и просматривать и изменять текущие значения переменных [20, 22].

Программы подключения (интеграции) функциональных модулей позволяют загрузить описания алгоритмов выполнения команд, поступающих от процессов, и запустить их на исполнение. Они также выступают в роли интегратора функциональных модулей, подключаемых к функциональным подсистемам для выполнения прогнозирования с помощью нейронных сетей, ранжирования проектов с помощью скоринговых моделей, распознавания ситуаций на основе нечетких множеств и других функций [1, 17, 18, 22]. Программы взаимодействия (интерфейса) с человеком реализуют [9], так называемый, пользовательский интерфейс с участниками деятельности (сотрудниками и контрагентами организации).

Конечные автоматы, реализующие процессы и состояния процессов, задаются таблицами функций переходов и выходов (см. таблицы 1, 2 и 3) или графами (см. рис. 7 и 8). Разработан транслятор этих таблиц и графов в программы исполнительной системы для процессов [5, 24].

Проектирование конечных автоматов.

Проектирование конечных автоматов для системы гибридного интеллекта начинается с анализа описаний процессов на языке описания структуры и логики деятельности и диаграммы взаимодействия функциональных подсистем и процессов [20, 22, 23]. В результате этого анализа необходимо выделить для каждого процесса множество входящих и исходящих сообщений, а для каждого состояния каждого процесса множества временных и условных событий [5, 15, 16, 18].

Следующим шагом проектирования является определение на основе информации, полученной на предыдущем шаге, входных A и выходных V алфавитов и формирование таблиц функций переходов δ и выходов λ.

В конце проектирования осуществляется проверка автоматов в работе в составе системы гибридного интеллекта и при необходимости коррекция таблиц функций переходов и выходов и входных и выходных алфавитов.

Проектирование конечных автоматов для системы гибридного интеллекта выполняется с помощью специально разработанного инструментального программного комплекса [16, 20, 22].

Инструментальный программный комплекс.

Для создания и использования систем гибридного интеллекта был разработан специальный инструментальный программный комплекс (ИПК) [16, 20, 22]. ИПК обеспечивает автоматизацию всех основных этапов проектирования системы и разработку моделей [8, 10, 11, 13, 14, 19, 21] специалистами предметной области (менеджерами, бизнес аналитиками и др.), а не программистами.

ИПК состоит из следующих подсистем [16, 20, 22]:

1. Подсистема описания структуры и логики СК.
2. Репозиторий шаблонов описания СК и их компонентов.
3. Банк описаний конкретных СК.
4. Подсистема проектирования и реорганизации СК.
5. Подсистема моделирования и анализа.
6. Подсистема генерации информации для реализации СК.
7. Подсистема исполнения процессов СК.
8. Подсистема обратного проектирования СК.
9. Архив реализованных проектов.
10. База знаний по ИПК.

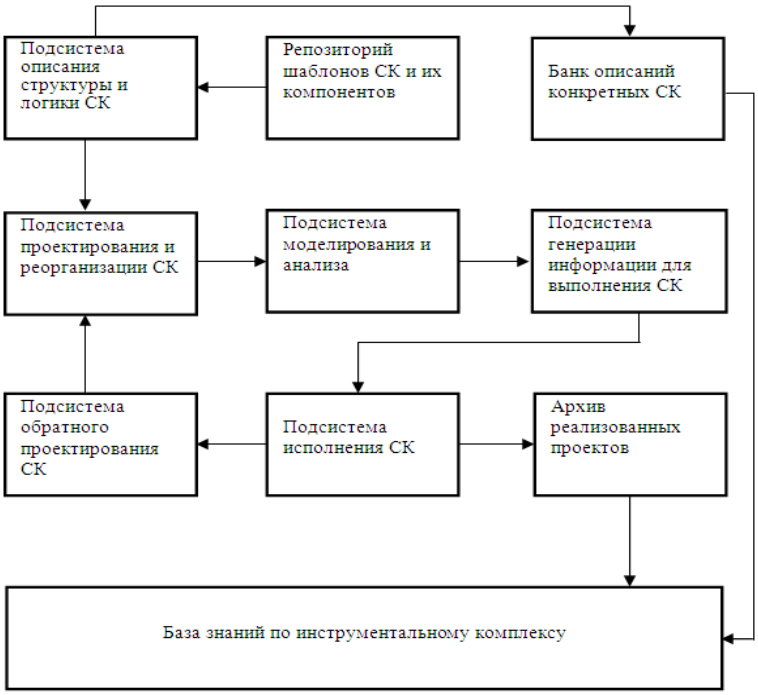


Рисунок 4 – Схема взаимодействия подсистем ИПК

Взаимодействие подсистем комплекса изображено на рисунке 4.

ИПК позволяет организовать полный цикл создания системы управления СК от проектирования до внедрения [6, 7]. Внедрение системы управления СК основывается на самообучении сотрудников при освоении системы и при работе в ее составе сначала под руководством консультантов, а потом и самостоятельно.

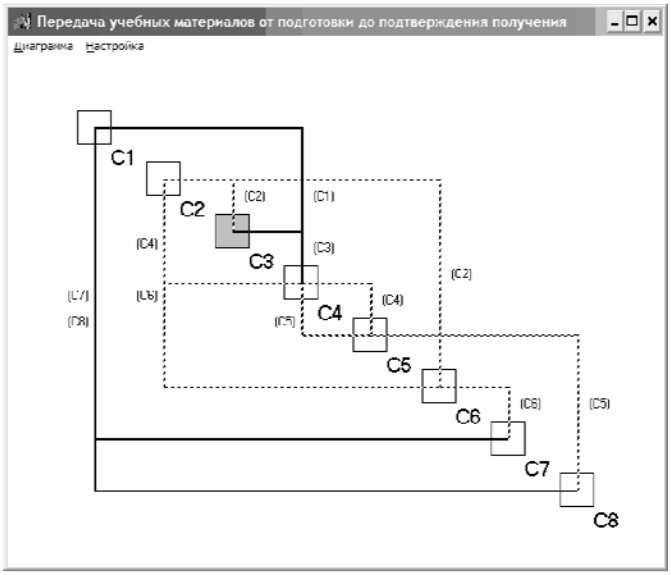


Рисунок 5 – Граф процесса

Примечание. С1, С2, …, С8 – состояния процесса

Самообучение сотрудников осуществляется с помощью части базы знаний ИПК, которая в качестве одной из функциональных подсистем устанавливается в организации при внедрении системы управления СК.

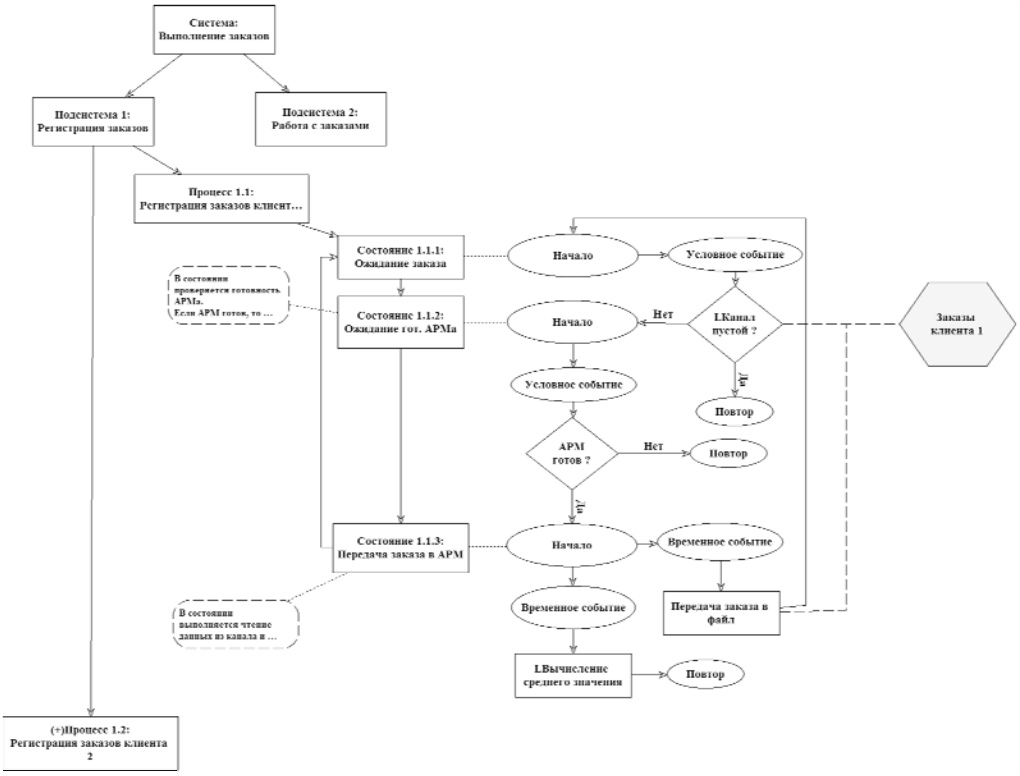


Рисунок 6 – Интерактивная графическая диаграмма проекта

Центральным звеном нашей методологии проектирования является уровень функциональных подсистем. Структурно функциональная подсистема – это совокупность взаимодействующих процессов, функциональных модулей и технических и человеческих ресурсов, а концептуально – открытая система, функционирование которой основано на определенной технологии решения данной практической задачи или круга задач. Функциональная подсистема может реализовывать функции автоматизированных складских, производственных и контролирующих систем, моделирующих программ и других программных средств, доступных в системе управления СК.

Функциональная подсистема интегрируется в структуру системы управления СК, в максимально возможной степени используя общие информационные, программные и аппаратные ресурсы (базы данных, сервера и др.). Создание функциональной подсистемы выполняется по следующим основным этапам: идентификация проблемы, концептуализация, формализация, реализация и тестирование.

Для облегчения навигации по описанию проектируемой системы используются интерактивные графические средства Процесс представляется графически в виде ориентированного графа (см. рис. 5). Вершинами графа являются состояния процесса, а дугами – переходы между состояниями. Если из состояния возможен переход в два или более

состояния, то переходы обозначаются пунктирной линией. Щелкнув по состоянию мышкой можно его выбрать или пометить, а нажав на правую кнопку мыши, можно легко и быстро перейти в любой диалог из иерархии диалогов проектирования системы гибридного интеллекта.

Для концентрации внимания на определенных аспектах проектирования имеется возможность избирательного отображения компонентов системы на диаграмме проекта (см. рис. 6).

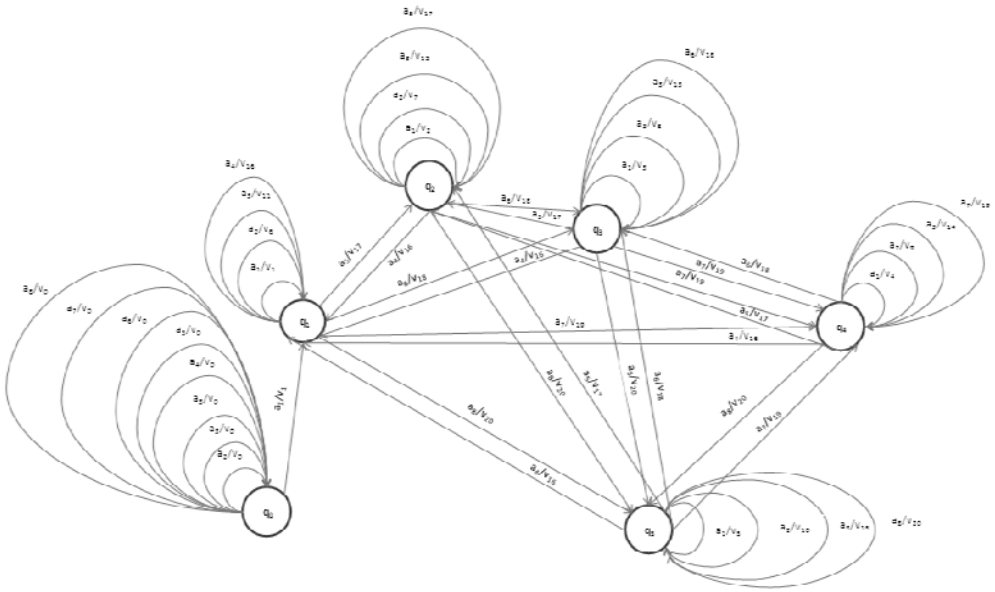


Рисунок 7 – Граф конечного автомата процесса

При проектировании автоматов для систем гибридного интеллекта используются следующие подсистемы:

- Подсистема описания структуры и логики СК.
- Подсистема проектирования и реорганизации СК.
- Подсистема моделирования и анализа.
- Подсистема генерации информации для реализации СК.
- Подсистема исполнения процессов СК.

При проектировании конечные автоматы описываются функцией переходов и выходов. Эта функция задается таблицей (см. таблицы 1, 2 и 3) или графом.

На рисунке 7 изображен граф процесса с 5-ю состояниями. Этому графу соответствует функция переходов и выходов, заданная таблицей 2.

На рисунке 8 изображен граф состояния процесса. Этому графу соответствует функция переходов и выходов, заданная таблицей 3.

ИПК позволяет генерировать по таблице значений функции переходов и выходов конечного автомата граф и по графу генерировать таблицу значений функции переходов и выходов. Настройка программы исполнения процессов и состояний процессов также производится непосредственно по таблице значений функции переходов и выходов соответствующего конечного автомата.

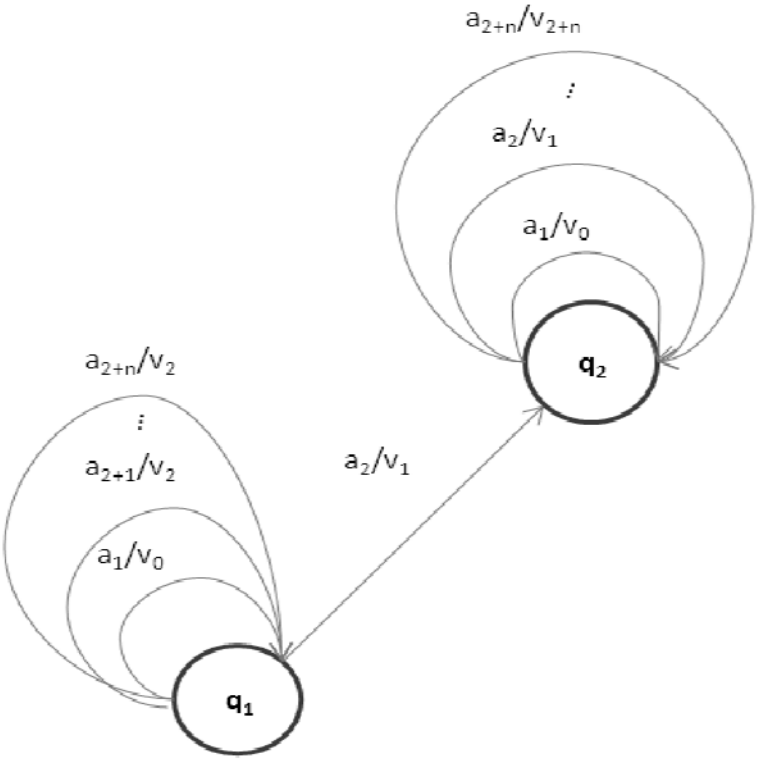


Рисунок 8 – Граф конечного автомата состояния процесса

Проектирование и настройка конечных автоматов является частью технологии создания систем гибридного интеллекта [20, 22, 18, 24].

Технология создания систем гибридного интеллекта.

Создание системы гибридного интеллекта осуществляется по следующей схеме [18, 23]:

1. Выделение в изучаемом объекте, процессе или явлении групп процессов (подсистем).

2. Выяснение: не подойдет ли для данной задачи уже готовая типовая система гибридного интеллекта.

3. Если подходящая типовая система найдена, то она берется в качестве основы для построения системы и производится ее настройка. На этом разработка системы гибридного интеллекта заканчивается.

4. Если же подходящей типовой системы гибридного интеллекта не нашлось, то осуществляется выделение и описание процессов и состояний для каждой подсистемы.

5. Полученный макет дорабатывается привлеченными экспертами в исследуемой сфере и разработчиками систем гибридного интеллекта.

6. Разработанная система гибридного интеллекта реализует разрабатываемый СК, а также используется как первоначальный вариант для построения типовой системы гибридного интеллекта для данной предметной области.

7. Этот первоначальный вариант типовой системы дорабатывается, документируется и помещается в репозиторий типовых систем гибридного интеллекта.

Проектирование и настройка автоматов для систем гибридного интеллекта осуществляется на этапах 3 и 4.

Пример создания системы управления.

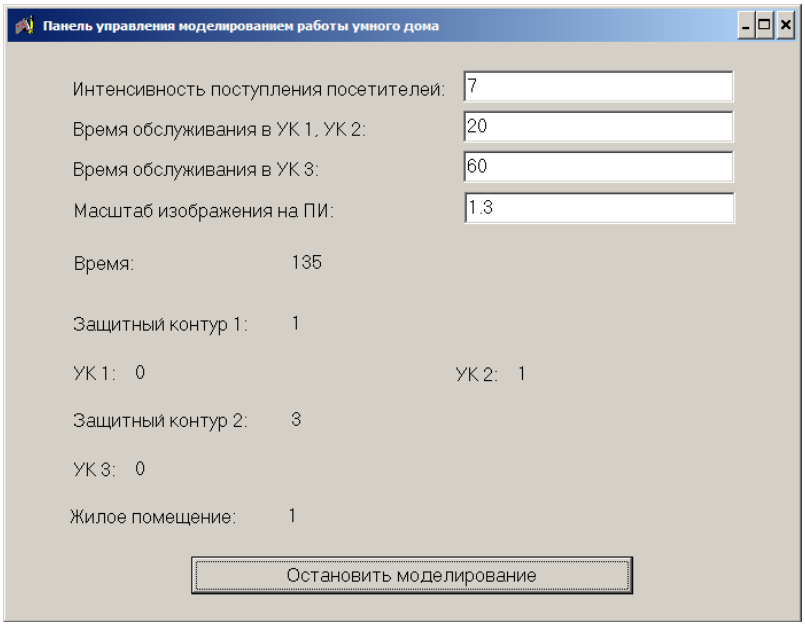
Рассмотрим управление контролем входа на дачный участок с жилым домом [12]. У дачного участка имеется два защитных контура (ЗК1, ЗК2), три устройства контроля прохода через защитные контура (УК1, УК2, УК3) и собственно жилое помещение – дом. Чтобы попасть в жилое помещение необходимо пройти сначала через первый защитный контур, используя одно из устройств контроля прохода УК1 или УК2. Затем необходимо пройти через второй защитный контур, используя устройство контроля прохода УК3. После этого посетитель попадает в жилое помещение.

```
:ПРОЦЕСС
:НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА
Процесс Поступление посетителей
.НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА
...
:СОСТОЯНИЕ
:НАЗВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
Ожидание начала моделирования
.НАЗВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
.КА
:Состояние КА
Ожидание сообщения
:Вход
Начать моделирование
.Вход
:Новое состояние КА
Переход к ожиданию поступления посетителя
.Новое состояние КА
:Выход
Переход к ожиданию поступления посетителя
.Выход
.Состояние КА
:Состояние КА
Переход в состояние Начало моделирования
:Вход
Начать моделирование
.Вход
:Новое состояние КА
Переход в состояние Начало моделирования
.Новое состояние КА
:Выход
Нет выхода
.Выход
.Состояние КА
.СОСТОЯНИЕ
:СОСТОЯНИЕ
:НАЗВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
Ожидание поступления посетителя
.НАЗВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
...
```

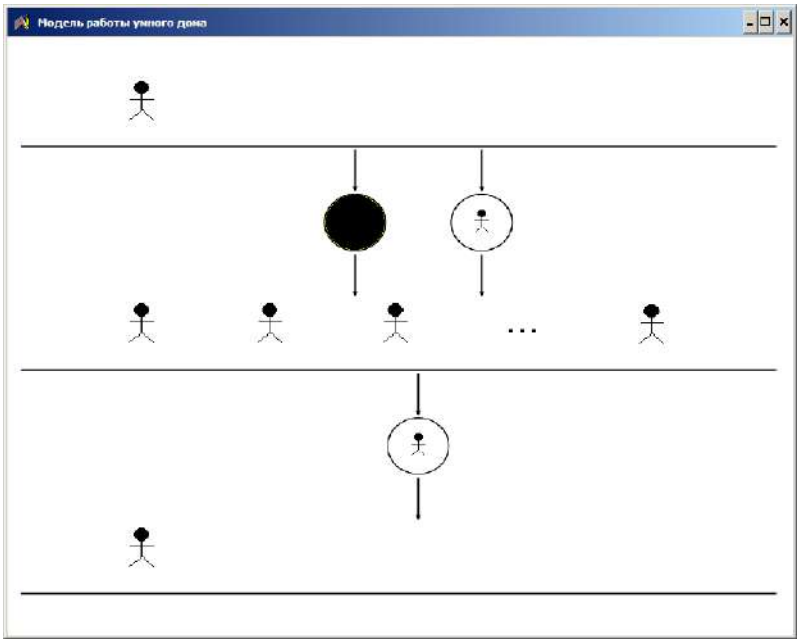
Рисунок 9 – Фрагмент процесса обработки посетителей в УК2

Для создания модели системы управления использовалась типовая система моделирования сложных объектов, процессов и явлений из репозитория шаблонов моделей и их компонентов ИПК для создания и использования систем гибридного интеллекта [16, 20, 22]. Моделирующая программа написана на языке описания структуры и логики деятельности [18], понятном как исполнительной системе процессов, так и специалистам-разработчикам систем управления, и состоит из нескольких процессов. Фрагмент текста описания одного из процессов приведен на рисунке 9. На этом фрагменте приведена таблица функций переходов и выходов конечного автомата, реализующего состояние «Ожидание начала моделирования» процесса «Поступление посетителей».

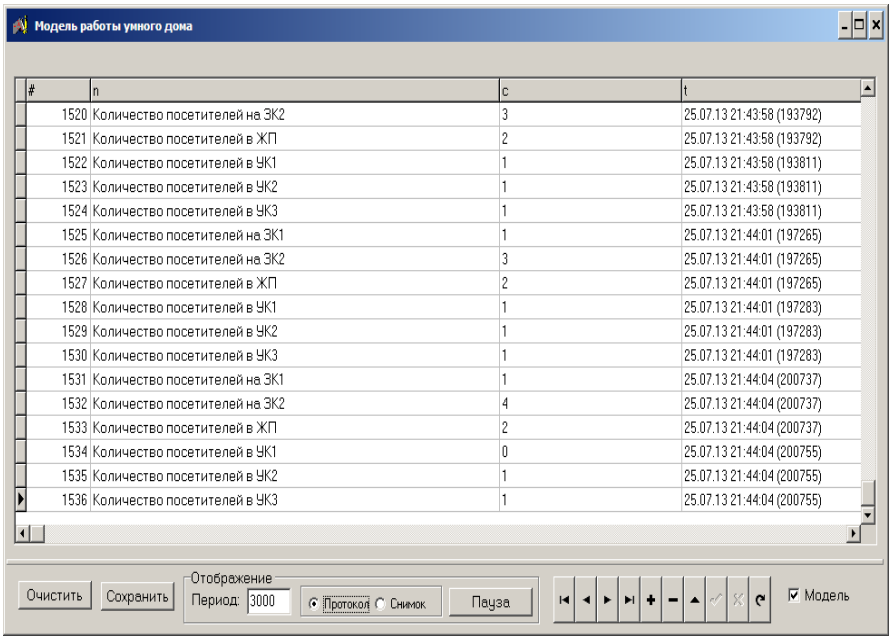
Для задания параметров моделирования служит панель управления моделированием. На ней можно задать следующие параметры: интенсивность поступления посетителей (параметр λ в простейшем пуассоновском потоке, $P_t(k) = (\lambda t)^k \cdot e^{-\lambda t} / k!$ – вероятность прихода k посетителей за время t); время, затрачиваемое посетителем на контроль прохода в УК1, УК2 и отдельно в УК3; масштаб изображения хода моделирования на графической панели.



А) Панель управления моделированием.



В) Панель отображения выполнения модели в графической форме.



#	n	c	t
1520	Количество посетителей на ЗК2	3	25.07.13 21:43:58 (193792)
1521	Количество посетителей в ЖП	2	25.07.13 21:43:58 (193792)
1522	Количество посетителей в УК1	1	25.07.13 21:43:58 (193811)
1523	Количество посетителей в УК2	1	25.07.13 21:43:58 (193811)
1524	Количество посетителей в УК3	1	25.07.13 21:43:58 (193811)
1525	Количество посетителей на ЗК1	1	25.07.13 21:44:01 (197265)
1526	Количество посетителей на ЗК2	3	25.07.13 21:44:01 (197265)
1527	Количество посетителей в ЖП	2	25.07.13 21:44:01 (197265)
1528	Количество посетителей в УК1	1	25.07.13 21:44:01 (197283)
1529	Количество посетителей в УК2	1	25.07.13 21:44:01 (197283)
1530	Количество посетителей в УК3	1	25.07.13 21:44:01 (197283)
1531	Количество посетителей на ЗК1	1	25.07.13 21:44:04 (200737)
1532	Количество посетителей на ЗК2	4	25.07.13 21:44:04 (200737)
1533	Количество посетителей в ЖП	2	25.07.13 21:44:04 (200737)
1534	Количество посетителей в УК1	0	25.07.13 21:44:04 (200755)
1535	Количество посетителей в УК2	1	25.07.13 21:44:04 (200755)
1536	Количество посетителей в УК3	1	25.07.13 21:44:04 (200755)

С) Панель отображения выполнения модели в табличной форме.

Рисунок 10 – Основные диалоги системы моделирования

Чтобы начать или остановить моделирование необходимо нажать соответствующую кнопку на панели (см. рис. 10 А). Во время моделирования на панели отображаются следующие параметры: количество посетителей на защитных контурах ЗК1, ЗК2; занятость устройств контроля прохода УК1, УК2, УК3; количество посетителей в жилом помещении. Ход моделирования можно также наблюдать на графической панели (см. рис. 10 В). Для ведения протокола моделирования и детального анализа результатов моделирования используется таблица со значениями важных параметров модели. Таблица отображается на специальной панели (см. рис. 10 С). На этой панели можно выбрать режим отображения параметров (протокол или снимок), период времени между очередными замерами параметров и др.

Апробация методов и средств создания конечных автоматов.

Были разработаны и переработаны следующие типовые компоненты и системы [5, 12, 24]:

1. Библиотека типовых компонентов для реализации на практике применения конечных автоматов.
2. Типовая система управления научными исследованиями и экспериментами.
3. Типовая система моделирования сложных объектов, процессов и явлений.

На основе этих типовых решений были созданы системы управления экологическими объектами [5, 12, 24].

Эти практические шаги экспериментально подтвердили действенность разработанных методов и средств в управлении сложными системами.

Опытно-экспериментальная работа по созданию конечных автоматов также проводилась в вузах [4]. Новый подход к организации обучения в комбинированной форме, сочетающей элементы дистанционного обучения с традиционными формами, был реализован в процессе чтения курсов: «Информационные сети и телекоммуникации», «Мате-

матические методы и модели в экономике», «Дискретная математика», «Теория систем и системный анализ», «Теория управления сложными системами» и др. Студенты имели полный доступ ко всем ресурсам учебного варианта инструментального программного комплекса для создания систем управления СК в сети интернет, в самостоятельной работе использовались электронные учебно-методические комплексы. Чтение лекций осуществлялось с использованием компьютера и проектора.

Результаты исследования показали важность и востребованность знания основных принципов методологии проектирования и моделирования работы систем управления СК с использованием конечных автоматов для студентов многих специальностей: «Управление и информатика в технических системах», «Прикладная информатика в экономике», «Организация и технология защиты информации», «Математические методы и модели в экономике», «Информационные системы и технологии» и др. При этом экспериментально было установлено [4], что обязательным условием успешности такого обучения является обеспечение постоянного доступа студентов ко всем ресурсам учебного варианта ИПК для создания систем управления СК.

Заключение

Небольшой опыт, полученный нами при создании систем гибридного интеллекта с использованием конечных автоматов [5, 12, 24], при дополнительном обучении проектированию и использованию сложных систем [2, 3], при обучении студентов вузов [4], показывает, что это реальный путь к организации управления сложными системами.

Исчерпывающую информацию о теории систем гибридного интеллекта и ее практическом применении для управления сложными системами можно найти на официальных сайтах:

ассоциации независимых консультантов в области наукоемких технологий «Интеллект Инвест Центр» – http://www.iicenter.ru;

научно-исследовательской группы «Оберон» – http://www.oberon.iicenter.ru;

портала дистанционного обучения «Независимый центр знаний» – http://www.kbfcenter.iicenter.ru.

Литература

1. Бухаров, М. Н. Автоматизированное консультирование на основе гибридного интеллекта [Текст] / М. Н. Бухаров // Сборник научных трудов 12-ой Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2012 г. Часть 1. – М.: ООО «1С-Паблишинг», 2012. илл. – С. 487-491.
2. Бухаров, М. Н. Дополнительное образование в области проектирования и исследования сложных систем // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, 24-25 апреля 2014 г.: Королев МО: ФТА, Изд-во «Канцлер». – 2014. – 512 с. – С. 298-312.
3. Бухаров, М. Н. Дополнительное образование в области сложных систем // Сборник научных трудов 13-ой Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2013 г. Часть 1. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 2013. – 829 с. илл. – С. 583-588.
4. Бухаров, М. Н. Использование в учебном процессе компьютерных моделей сложных объектов, процессов и явлений // Сборник научных трудов 10-ой Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2010 г. Часть 1. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 2010. – илл. – С. 442-446.
5. Бухаров, М. Н. Использование теории конечных автоматов для создания систем управления экологическими объектами // Материалы 11-го Международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». – Москва, 2-4 декабря 2014 г. – М: ПЦ МЭИ. – 2014.– С. 48-55.

6. Бухаров, М. Н. Исследование сложных систем с применением персональных компьютеров и сети интернет // Материалы международного симпозиума «Проблемы экоинформатики», М: РАН – 2012. – с. 56-60.
7. Бухаров, М. Н. Итерационная технология для разработки экологических компьютерных программ [Текст] / М. Н. Бухаров // Экологические системы и приборы. – 2003. – № 1. – С. 25-29.
8. Бухаров, М. Н. Компьютерное моделирование сложных систем на основе гибридного интеллекта // Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология – 2011». – Москва 6-8 декабря 2011 г. – С. 29-35.
9. Бухаров, М. Н. Макетирование интерфейсов экологических экспертных систем с применением методов цифровой имитации [Текст] / М. Н. Бухаров // Экологические системы и приборы. – 2001. – № 11. – С. 42-43.
10. Бухаров, М. Н. Моделирование затопления местности со сложным рельефом // Материалы международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». – М.: РАН. – 2012. – С. 52-54.
11. Бухаров М.Н. Моделирование распространения пожара по пересеченной местности. – Материалы международного симпозиума «Проблемы экоинформатики», М.: РАН. 2012. – С. 54-56.
12. Бухаров, М. Н. Моделирование систем управления жилыми объектами // Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология – 2013». – М: ПЦ МЭИ. – 2013. – С. 68-78.
13. Бухаров, М. Н. Моделирование систем управления экономическими объектами на основе гибридного интеллекта // Материалы международной научной конференции «Информационные технологии в финансово-экономической сфере: прошлое, настоящее, будущее». – М.: 1С-Паблишинг. – 2013. – С.91-101.
14. Бухаров, М. Н. Моделирование экономических систем с применением платформы «1С: Предприятие» // Сборник научных трудов 14-й Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2014 г. – Часть 1. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 2014. 549 с.: илл. – С.336-339.
15. Бухаров, М. Н. Перспективные информационные системы и технологии. Практические аспекты: монография // М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2008. (ил). – 216 с.
16. Бухаров, М. Н. Перспективные информационные системы и технологии. Теоретические аспекты: монография // М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2008. (ил). – 167 с.
17. Бухаров, М. Н. Применение математических методов для совершенствования деловых процессов организации // Сборник научных трудов 11-ой Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2011 г. Часть 1. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 2011. илл. – С. 467-471.
18. Бухаров, М. Н. Проектирование и анализ эффективной деятельности с использованием методов искусственного интеллекта и цифровой имитации. – Экологические системы и приборы. – 2009. – № 1. – С. 14-21.
19. Бухаров, М. Н. Проектирование комплексных систем защиты информации для виртуальных предприятий // Сборник научных трудов 9-ой Международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» – 2009 г. – Часть 3. – М.: ООО «1С-Паблишинг». – 2009. – илл. – С. 224-230.
20. Бухаров, М. Н. Системы гибридного интеллекта [Текст] / М. Н. Бухаров // М.: Научтехлитиздат. – 2005. (ил). – 352 с.
21. Бухаров, М. Н. Создание компьютерных моделей сложных объектов, процессов и явлений // Труды 66-ой Научной сессии РНТО РЭС им. А. С.Попова. – М.: РНТО РЭС им. А. С.Попова. – 2011. – С. 75-77.

22. Бухаров, М. Н. Теория систем гибридного интеллекта. Проектирование, стандартизация, моделирование и оптимизация: монография // М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2008. (ил). – 214 с.
23. Бухаров М.Н. Технология создания систем гибридного интеллекта на основе программного комплекса «Оберон-3000». – Экологические системы и приборы, 2005, № 3. – С. 31-37.
24. Бухаров, М. Н. Управление экологическими объектами с помощью роботов // Материалы 11-го Международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». – Москва. – 2-4 декабря 2014 г. – М: ПЦ МЭИ, 2014. – С. 55-63.
25. Венда, В. Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. [Текст] / В. Ф. Венда // М.: Машиностроение. – 1990. – 448 с.
26. Кузнецов, О. П., Адельсон-Вельский, Г. М. Дискретная математика для инженера [Текст] / О. П. Кузнецов, Г. М. Адельсон-Вельский // М: Энергоатомиздат. – 1988. – 480 с.
27. Национальный стандарт РФ. ГОСТ Р 43.0.7-2011. Информационное обеспечение техники операторской деятельности. Гибридно-интеллектуализированное человекоинформационное взаимодействие. Общие положения. – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Издание официальное. – М.: Стандартинформ. – 2013. – 25 с.

УДК 347.77

Особенности управления интеллектуальной собственностью в вузе

И.Е. Гвоздев, с.н.с.,
Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Венчурных технологий», г. Королев, Московская область,
В.Г. Исаев, к.т.н., доцент,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область,
И.В. Торицын, к.т.н., с.н.с.,
Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Венчурных технологий», г. Королев, Московская область

В статье рассматриваются особенности управления интеллектуальной собственностью в вузе. Определены основные проблемы, возникающие в процессе разработки и определения авторских прав, на учебные, методические, научно-методические и иные труды, которые создаются профессорско-преподавательским составом вуза и используются им в процессе обучения. Представлены предложения по мероприятиям, которые должны осуществляться ректоратом вуза для осуществления управления интеллектуальной собственностью, создаваемой профессорско-преподавательским составом, сотрудниками и студентами вуза в процессе выполнения ими своих служебных обязанностей (обучения).

Авторское право, интеллектуальная собственность, мотивация, качество.

Features of the intellectual property management in the university

I.E. Gvozdev, senior researcher,
Open joint stock company «Scientific Research Institute» Venture technologies»,
Korolev, Moscow region,
V.G. Isaev, Ph.D., Associate Professor,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,
I.V. Toritsyn, Ph.D., senior researcher,
Open joint stock company «Scientific Research Institute» Venture technologies»,
Korolev, Moscow region

This article discusses the features of management of intellectual property at the University. The main problems encountered in the development and definition of copyright, educational, methodical, scientific-methodical and other works that are created by the Faculty of the University and used them in the learning process. Submitted proposals for activities to be undertaken by the Rector of the University for the implementation of the management of intellectual property generated by faculty, staff and students of the University in the performance of their official duties (training).

Copyright, intellectual property, motivation, quality.

Особенностью педагогической деятельности является то, что в результате работы профессорско-преподавательского состава вуза появляются учебники, учебные посо-

бия, тексты практических и лабораторных работ, методические и иные труды, которые используются в процессе обучения. Эти труды должны трактоваться, как научные и литературные произведения. Кроме того они могут быть представлены и в электронном виде таком как электронные учебники, электронные обучающие программы и тестирующие системы, дистанционные курсы и т.д. А в соответствии со ст. 1225 ГК РФ «результатами интеллектуальной деятельности и приравненными к ним средствами индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана (интеллектуальной собственностью), являются произведения науки, литературы ….» [3]. Проблемы защиты объектов авторского права в вузе постоянно обсуждаются научной и преподавательской общественностью [5, 7].

Однако большинство руководителей считает, что если преподаватель, получающий зарплату, использует в своей работе учебно-методические материалы, то эти материалы являются интеллектуальной собственностью вуза. Это верно только в том случае, если преподаватель использует в процессе обучения стандартные программы и методики, которые не изменяет своим собственным творчеством. А если он разработал или модернизировал такие материалы, то это уже результат его интеллектуального труда. Статьёй № 1295 Гражданского кодекса РФ определено, что «автором результата интеллектуальной деятельности признается гражданин, творческим трудом которого создан такой результат» [3]. Однако определить, насколько значительна авторская составляющая работе и даёт ли она ему право на интеллектуальную собственность, достаточно сложно. Кроме того, как считать, если подобные труды выполнены в рамках внебюджетной деятельности, или если преподаватели вуза выпустили монографию. Каким образом можно определить, чья же это собственность. Статьёй № 1295 Гражданского кодекса РФ определено, что «исключительное право на служебное произведение принадлежит работодателю, если трудовым или иным договором между работодателем и автором не предусмотрено иное» [3]. Поэтому если были оформлен соответствующий договор (или государственный заказ), то все материалы являются собственностью вуза. В этом случае авторы не имеют права издавать и продавать свой труд. Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» вузам разрешена реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий [8]. Кроме того, Постановлением Правительства РФ от 13 июля 2013г. № 582 утверждены «Правила размещения на официальном сайте образовательной организации и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и обновления информации об образовательной организации» [6]. Согласно этим документам вуз обязан размещать на сайте описание образовательных программ и аннотации к рабочим программам дисциплин. Такое положение дел часто приводит к заявлениям преподавателей, что вуз не имеет права размещать на своём сайте их интеллектуальную собственность. По мнению преподавателей в этом случае ей могут воспользоваться иные лица, без разрешения автора. Однако, в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» [8] есть понятия «образовательная программа» и «примерная основная образовательная программа», но отсутствует понятие «авторская программа». Хотя образовательная программа разрабатывается авторским коллективом, имеет установленную структуру и жёстко связана с разделами Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОЗ), особенно с требованиями к результатам освоения основной образовательной программы. Авторская же программа не узаконена, пишется автором произвольно и может быть никак не связана с ФГОЗ. Такие различия и приводят к взаимному непониманию и различной трактовке понятий об авторстве документов, разработанных преподавателями вуза.

При этом большинство преподавателей осознают, что отказ от публикации программ приводит к закрытости вуза и нарушению законодательства. Поэтому целесообразно не публиковать на электронном сайте вуза полный текст рабочей программы, а приводить только аннотации курсов дисциплин сопровождая их отдельными примерами

из лекционных материалов, возможных (типовых) вопросов (тестов, практических заданий и т.п.) для контроля знаний не раскрывая, таким образом, весь материал дисциплины.

Из этого следует, что трактовка результатов труда профессорско-преподавательского состава зависит от того, на основании какого договора работа выполнена (по трудовому или по гражданско-правовому договору) и что в тексте договора изложено.

Кроме того, подобные проблемы возникают и у студентов. Ведь в процессе обучения они также выполняют различные авторские работы, например, курсовые, выпускные квалификационные и дипломные работы, имеющие признаки интеллектуальной собственности. Поэтому надо управлять и регулировать взаимоотношения, возникающие при оценке возможности использования студенческих работ преподавателями и администрацией вузов при организации процесса обучения и публикации (определении авторства), полученных результатов. Ведь статья 1228 ГК РФ чётко определяет что «автором результата интеллектуальной деятельности признается гражданин, творческим трудом которого создан такой результат». При этом в соответствии с этой же статьёй «не признаются авторами результата интеллектуальной деятельности граждане, не внесшие личного творческого вклада в создание такого результата, в том числе оказавшие его автору только техническое, консультационное, организационное или материальное содействие или помощь либо только способствовавшие оформлению прав на такой результат или его использованию, а также граждане, осуществлявшие контроль за выполнением соответствующих работ» [3].

В процессе обучения и проведения НИР руководству вузов и преподавателям приходится всё чаще сталкиваться необходимостью выполнения требований Российского законодательства о патентной защите собственных разработок (ноу-хау). За последние десятилетия во многих Российских организациях были ликвидированы подразделения, проводящие исследования в области патентной защиты научно-исследовательских работ, а также исследования, обеспечивающие патентную чистоту создаваемой продукции. Обеспечить соблюдение прав интеллектуальной собственности, а также эффективное управление результатами интеллектуальной собственности в вузе, как и в любой другой организации (как на государственном, так и на областном и муниципальном уровнях), может только сам вуз, за счёт проведения организационных мероприятий и патентных исследований [1, 2, 5]. Причём эффективное управление результатами интеллектуальной собственности, а также обеспечения прав интеллектуальной собственности в ходе научно-исследовательских работ позволяет вузу, как и любой другой организации [1, 2]:

- получить конкурентные преимущества перед другими вузами (например, привлечь абитуриентов с высоким ЕГЭ и преподавателей, способных активно участвовать в НИР);
- получить дополнительные доходы от передачи прав, на объекты интеллектуальной собственности принадлежащие вузу;
- реализовывать эффективную научно-техническую политику (например, проводить патентные исследования силами преподавателей, аспирантов и др. сотрудников для различных заказчиков);
- и ряд других.

С точки зрения интенсивности проведения патентных исследований хочется отметить, что различными рейтинговыми агентствами по-разному определяется место России в мировом рейтинге по числу поданных заявок на изобретение. По их мнению, по итогам как 2012г., так и 2013 г. Россия находится в диапазоне от 7 до 14 места. Однако, по их мнению, Россия опережает такие экономически развитые страны как Канада, Великобритания и Франция. При этом международные рейтинговые агентства едины во мнении, что доля вузов и научно-исследовательских организаций в этой сфере составляет

менее 5%. И их доля постоянно уменьшается. А ведь это учитывается при оценке рейтинга вуза.

В настоящее время образование по-прежнему остаётся областью, где интеллектуальная собственность никак не определена. Законодательство об авторском праве не распространяется на идеи, методы, процессы, концепции – всё то, что лежит в основе работы профессорско-преподавательского состава.

В современных Российских нормативно-правовых документах нет различия между объектом авторского права и собственностью, приносящей доход. Поэтому целесообразно чётко определить, что есть авторское право в трудовой деятельности профессорско-преподавательского состава, а что входит в его обязанности.

Исходя из вышеизложенного, в каждом вузе ректоратом должно осуществляться управление интеллектуальной собственностью, создаваемой профессорско-преподавательским составом, сотрудниками и студентами вуза в процессе выполнения ими своих служебных обязанностей (обучения). Управление интеллектуальной собственностью будет способствовать не только развитию интеллектуального потенциала вуза и соблюдению законодательства по защите интеллектуальной собственности, но шире использовать индивидуальный подход к каждому преподавателю, а также мотивировать их на добросовестное исполнение своих служебных обязанностей за счёт удовлетворения их различных потребностей (в первую очередь, таких как потребность в признании, потребность в достижениях, потребность в конкуренции) [4].

С этой целью в вузе целесообразно организовать

- проведение лекций и/или учебных семинаров (практических занятий, тренингов) по повышению правовой грамотности профессорско-преподавательского состава в области авторского права;

- разработку и включение в обучающие программы для студентов (магистров, аспирантов) всех специальностей курса (или модуля) по авторскому праву;

- разработку нормативно правовых документов вуза по защите интеллектуальной собственности, а именно:

разработку и включение в состав договоров пунктов, определяющих обязанности руководства, профессорско-преподавательского состава, сотрудников и студентов (магистрантов, аспирантов) вуза по использованию результатов интеллектуальной деятельности, которые создаются в рамках выполнения ими своих служебных обязанностей, а также осуществления специальных выплат авторских вознаграждений за создаваемые объекты интеллектуальной собственности;

разработку и внедрение «Положения об интеллектуальной собственности вуза» (и иных документов, если в «Положении…» не будут отражены все вопросы, касающиеся создания и использования интеллектуальной собственности вуза). Например, «Положения о вознаграждениях за объекты интеллектуальной собственности». Хотя финансовые вопросы могут быть отражены и в ином документе. Например, в «Положении о премировании» вуза.

В «Положении об интеллектуальной собственности вуза» целесообразно отражать следующее:

политику вуза в сфере интеллектуальной собственности;

систему защиты интеллектуальной собственности;

должности лиц, ответственных за защиту интеллектуальной собственности;

объекты интеллектуальной собственности вуза и общие правила их защиты;

особенности приобретения и распоряжения исключительными правами на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации;

ответственность должностных лиц за нарушение авторского права преподавателей;

распределение прав на создаваемые и приобретаемые объекты интеллектуальной собственности, которые создаются в рамках служебных заданий или по договорам;

и другие вопросы, связанные с индивидуальными особенностями вуза.

При этом нормативные документы, касающиеся защиты интеллектуальной собственности, до своего утверждения ректором, должны быть обсуждены на кафедрах, факультетах и Ученом совете вуза. Это обсуждение должно являться обязательной процедурой, проведение которой позволит в значительной мере снизить напряженность, связанную с болезненным отношением профессорско-преподавательского состава к использованию администрацией вуза результатов его интеллектуального труда.

В заключение хотелось отметить, что без решения проблем интеллектуальной собственности, создаваемой преподавателями, сотрудниками и студентами вуза в процессе выполнения ими своих служебных обязанностей (обучения) инновационное развитие высшей школы невозможно.

Литература

1. Гвоздев, И. Е., Торицын, И. В., Исаев, В. Г. «Проблемы обеспечения прав интеллектуальной собственности в ходе научно-технических разработок в условиях Таможенного союза». «Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества ВУЗов стран Таможенного союза и СНГ» // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. – Королёв 23-24 мая 2013г. – ФТА. – 2013г.
2. Торицын, И. В., Гвоздев, И. Е., Исаев, В. Г. «Проблемы муниципального управления интеллектуальной собственностью в государствах Таможенного союза». «Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов» // Сборник материалов Международной научно-практической конференции 24-25 апреля 2014 г. – ФТА. – Издательство «Канцлер». – 2014г.
3. «Гражданский Кодекс Российской Федерации» Часть 4 от 18.12.2006 № 230-ФЗ (редакция от 01.09.2013).
4. Исаев, В. Г. «Оценка влияния не экономической мотивации преподавателей высшей школы на качество их работы». Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической Интернет-конференции. «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании». // Наукоград Королёв. – 20 декабря 2013г. – ФТА. – Издательство «Канцлер». – 2014г.
5. Минбалеев, А. В. Правовая охрана объектов интеллектуальной собственности вуза. Ежегодник российского образовательного законодательства. – 2009. – Выпуск 2. – Том 4.
6. Постановление Правительства РФ от 13 июля 2013г. № 582. «Правила размещения на официальном сайте образовательной организации и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и обновления информации об образовательной организации».
7. Тарасьянц, С. В. Проблемы защиты интеллектуальной собственности и пути их решения в высших учебных заведениях [Текст] / С. В. Тарасьянц // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 6.
8. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (редакция от 03.02.2014).

УДК 367.02

Моделирование процесса фрикционного нанесения антиизносного материала на поверхность золотника

В.А. Дидур, академик МААО, д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой «Гидравлика и теплотехника»,
И.Г. Величко к.ф.м.н, доцент,
заведующий кафедрой «Физики и математики»,
О.И. Мушкевич, аспирант,
кафедры «Гидравлика и теплотехника»,
Таврический государственный агротехнологический университет
г. Мелитополь, Украина

Рассмотрен процесс фрикционного нанесения антиизносного покрытия на поверхность вала. Проанализирован процесс нанесения, определены параметры, влияющие на процесс, выдвинута система предположений в рамках которой построен алгоритм расчета толщины нанесенного слоя покрытия, получены закономерности толщины нанесенного слоя покрытия в зависимости от приложенного усилия при обработке. Проанализированы теоретические и экспериментальные данные.

Фрикционное латунирование, антиизносное покрытие, плоская деформация, задача Герца, задача Фламана.

Modelling of process of frictional putting antiiznosny material on the zolotnik surface

V.A. Didur, academician of MAAO, Dr.Sci.Tech., professor,
head of the department «Hydraulics and heating engineer»,
I.G. Velichko, candidate of Physical and Vathematical Sciences, associate professor,
head of the department «Physics and mathematics»,
O.I. Mushkevich, graduate student,
Hydraulics and Heating Engineer chairs,
Taurian state agrotechnological university
Melitopol, Ukraine

Process of frictional drawing an antiiznosny covering on a shaft surface is considered. Drawing process is analysed, the parameters influencing process are determined, the system of assumptions within which is put forward the algorithm of calculation of thickness of the put coat layer is constructed, regularities of thickness of the put coat layer depending on the made effort when processing are received. Theoretical and experimental data are analysed.

Frictional latunirovaniye, antiiznosny covering, flat deformation, problem of Hertz, Flaman's tas.

Постановка проблемы. Фрикционное нанесенit антиизносного материала, например латуни [4,5,6], имеет сложную природу. Качество покрытия зависит от многих факторов на разных этапах технологического процесса.

Процесс фрикционного нанесения антиизносного материала, фрикционное латунирование, мало изученный. Большее внимание уделяется процессу работы покрытия, а не качеству его нанесения. Поэтому является важным рассмотреть процесс фрикционного нанесения латунного покрытия подробнее.

Для качественного фрикционного нанесения антиизносного материала на внешнюю поверхность валов и дальнейшей работы покрытия важным является выполнение всех условий этого многопараметрического процесса. Критериями качества нанесения антиизносного материала, является равномерность слоя покрытия, шероховатость и его толщина. Поэтому выявление параметров и факторов влияющих на протекание процесса и выявления зависимости между ними является очень важной задачей в освоении этого технологического процесса.

Анализ последних исследований и публикаций. Фрикционное нанесения антиизносных покрытий нашло широкое распространение благодаря работам Гаркунова Д.Н. и Лозовского В.Н. [4,5,6], именно на их работах основаны практически все современные исследования в этом направлении. Именно в этих исследованиях приведены основные свойства антифрикционных покрытий и описан механизм их работы.

Изучение влияния технологических режимов на качество покрытия приведены в работах [2,6,10,11]. Следует отметить, что в работе [11] достаточно полно изучено влияние скорости V и подачи S на толщину покрытия. Также широко развернуты исследования по влиянию фрикционного латунного покрытия на шероховатость поверхности. Недостаточно, на наш взгляд, рассмотрен параметр толщины нанесенного слоя покрытия, который влияет на дальнейшую работу покрытия и на размер обработанной детали, именно поэтому этот важный параметр требует дополнительных исследований.

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время отсутствует алгоритм, который позволяет определить толщину слоя покрытия по известным технологическим параметрам процесса фрикционного нанесения антиизносного материала.

Цель исследования: определить параметры, которые влияют на процесс фрикционного нанесения антиизносного материала, разработать и обосновать алгоритм, который позволит вычислить толщину нанесения антиизносного материала фрикционным способом с учетом угла наклона инструмента к оси обрабатываемой детали.

Основная часть. Фрикционное латунирование, как процесс покрытия тонким слоем (2-8 мкм) латуни рабочей поверхности вала, в простейшем виде представляет собой натирание вдоль вала латуни поджатым к нему латунным инструментом. Процесс осуществляется с поджимом пластинки к валу. Пластинка расположена под углом к оси вала и последовательно с помощью поперечной подачи обрабатывает поверхность вала, вследствие прижатия инструмента, возникают напряжения.

Во время проведения эксперимента образец, который обрабатывали, в процессе покрывается слоем покрытия золотистого цвета и имеет разное качество и равномерность в зависимости от режимов. Латунь, которая отслаивается от поверхности, инструмента не полностью наращивается на деталь, большая часть в виде порошка осыпается, этот фактор необходимо учитывать при построении модели.

Для построения математической модели приняты следующие допущения, в рамках которых проведем исследование процесса фрикционного нанесения антиизносного материала:

1) деформация латунной пластинки является плоской, так как в каждом пересечении перпендикулярном оси цилиндра напряжение деформации будет одинаковой;

2) пластинку можно считать упругой полуплоскостью;

3) контакт пластинки с поверхностью золотника моделируется задачей Герца для контакта между двумя цилиндрами с параллельными осями;

4) задача статична.

Поскольку контакт происходит между валом и плоской пластинкой, диаметр пластинки будет стремиться к бесконечности. Итак, воспользуемся известными формулами [7] для расчета максимального давления в зоне контакта.

$$P_{max} = \left(\frac{E^* F}{\pi L R}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

здесь

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1 - v_1^2}{E_1} + \frac{1 - v_2^2}{E_2} \quad (2)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3)$$

где: R_1 та R_2 – радиусы первого и второго цилиндров, если радиус второго цилиндра стремится к бесконечности, тогда будем иметь:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1}$$

E_1 и E_2 – модули упругости материалов первого и второго цилиндров;

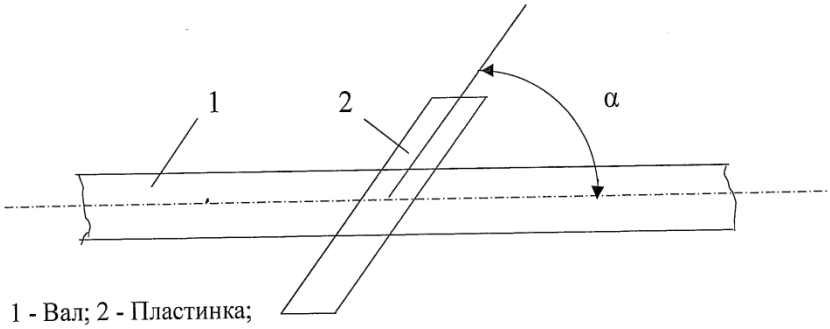
ϑ_1 и ϑ_2 – коэффициенты Пуассона материалов первого и второго цилиндров.

Длина области контакта рассчитывается с учетом угла наклона α пластинки относительно оси вращения вала.

$$L = \frac{l}{\sin \alpha} \quad (4)$$

где: l – ширина пластинки;

α – угол наклона пластинки относительно оси вращения вала.



1 - Вал; 2 - Пластинка;

Рисунок 1 – Схематическое изображение расположения элементов при проведении фрикционного нанесения антиизносного материала

Находим нагрузку на единицу длины:

$$q = \frac{F}{L} \quad (5)$$

где: F – сила прижима пластинки к валу.

Полуширина площадки контакта рассчитывается по формуле:

$$b = \sqrt{\frac{4E^* q}{\pi R}} \quad (6)$$

Если ввести систему координат так, чтобы область контакта была (-b; b) x (0; L), то нормальная нагрузка в области контакта описывается функцией [7]:

$$P_r = P_{max}\sqrt{1-(\frac{x}{b})^2} \qquad (7)$$

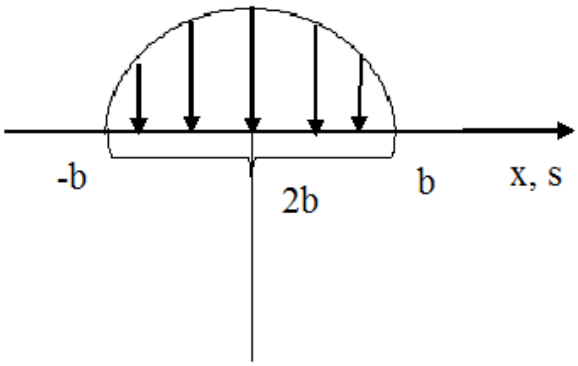


Рисунок. 2 – Распределение приложенного усилия на участке

Для определения внутренних напряжений воспользуемся задачей Фламана.

Рассмотрим задачу Фламана о воздействии на упругую полуплоскость нормальной сосредоточенной силы, которая приложена к границе полуплоскости. Компоненты тензора напряжений определяются по формулам [1]

$$\sigma_{xx}^{(n)} = P_n \cdot \sigma_{xx}^{(\sigma n)} = -\frac{2P_n}{\pi}\cdot\frac{x^2 z}{(x^2+z^2)^2} \qquad (8)$$

$$\sigma_{zz}^{(n)} = P_n \cdot \sigma_{zz}^{(\sigma n)} = -\frac{2P_n}{\pi}\cdot\frac{z^3}{(x^2+z^2)^2} \qquad (9)$$

$$\sigma_{xz}^{(n)} = P_n \cdot \sigma_{xz}^{(\sigma n)} = -\frac{2P_n}{\pi}\cdot\frac{xz^2}{(x^2+z^2)^2} \qquad (10)$$

Если для единичной сосредоточенной силы напряжения определяется по формуле (1), то для усилия приложенную на участке (-b, b) и описывается функцией P(x), соответствует напряжение, которое рассчитывается по формуле:

$$\sigma(x,z) = \int_{-b}^{b} P(s)\cdot\sigma^{(n)}(x-s,z)ds \qquad (11)$$

Здесь $\sigma^{(n)}(x\text{-}s,z)$ является функцией Грина.

С учетом этого и (7) будем иметь:

$$\sigma_{xx} = \int_{-b}^{b} P(s)\cdot(-\frac{2P}{\pi})\cdot\frac{(x-s)^2 z}{((x-s)^2+z^2)^2}ds \qquad (12)$$

$$\sigma_{xx}(x,z) = \int_{-b}^{b} P_{max}\sqrt{1-\left(\frac{s}{b}\right)^2}\cdot\left(-\frac{2P}{\pi}\right)\cdot\frac{(x-s)^2 z}{((x-s)^2+z^2)^2}ds =$$

$$= -\frac{2Pz}{\pi}\int_{-b}^{b} P(s)\frac{(x-s)^2}{((x-s)^2+z^2)^2}ds \qquad (13)$$

Ограничимся только точками по оси x. Для этого в выражения подставим x = 0.

$$\sigma_{xx}(0,z) = -\frac{2z}{\pi}\int_{-b}^{b} P(s)\frac{s^2}{(s^2+z^2)^2}ds \qquad (14)$$

Далее по аналогии следующие компоненты тензора напряжения будут иметь вид:

$$\sigma_{zz}(0,z) = -\frac{2z^3}{\pi}\int_{-b}^{b}\frac{P(s)ds}{(s^2+z^2)^2} \qquad (15)$$

$$\sigma_{xz}(0,z) = -\frac{2z^2}{\pi}\int_{-b}^{b} P(s)\frac{s}{(s^2+z^2)^2}ds = 0 \qquad (16)$$

Поскольку функция P (s) парная, последний интеграл равен 0.

Согласно четвертой гипотезе прочности исследуется потенциальная энергия формоизменения, которая определяется через главные напряжения следующим образом:

$$F = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2} \qquad (17)$$

В случае плоской деформации уравнения для энергии формоизменения будут иметь следующий вид [1]:

$$F = \sqrt{[(1+\vartheta)(\sigma_x+\sigma_z)]^2 - 3(\sigma_x\sigma_z + \vartheta(\sigma_x+\sigma_z)^2 - \sigma_{xz}^2)} \qquad (18)$$

Здесь ϑ – коэффициент Пуассона материала.

После подстановки (14,15,16) в (18) получим следующее выражение

$$F_{(x,z)}{}^2 = \sigma^{VI} = (1+2\vartheta+\vartheta^2-3\vartheta)(\sigma_x+\sigma_z)^2 - 3\sigma_x\sigma_z =$$
$$= (1-\vartheta+\vartheta^2)(\sigma_x+\sigma_z)^2 - 3\sigma_x\sigma_z \qquad (19)$$

Приведем графики зависимостей энергии формоизменения на линии действия силы в зависимости от глубины z при различных значениях приложенной силы P_i.

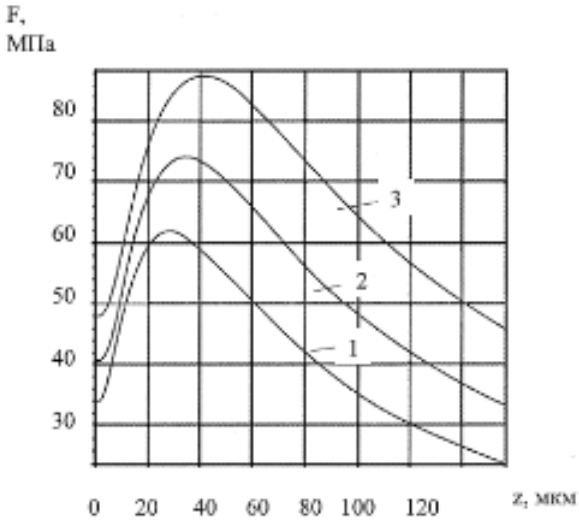


Рисунок 3 – График функций, описывающих зависимость энергии формоизменения от приложенной силы P_i

1 – прилагаемое усилие, P = 7 кг., 2 – прилагаемое усилие, P = 10 кг., 3 – прилагаемое усилие, P = 14 кг.

Как видим, каждая из этих функций имеет единственный максимум. Координаты точки максимума растут с ростом приложенной силы.

Для нахождения точек максимума определим производные от полученных функций по z и приравняем их к 0.

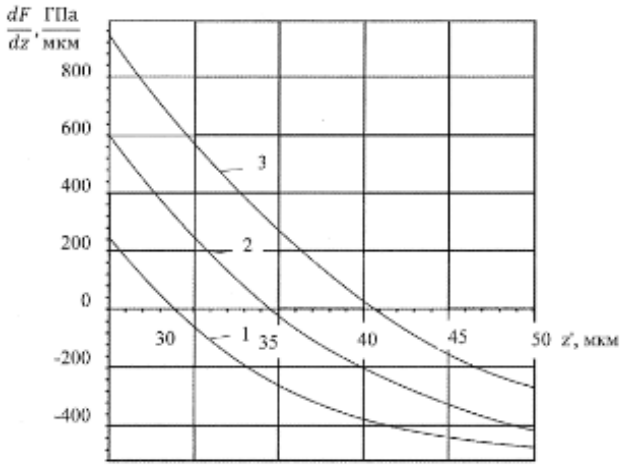


Рисунок 4 – График производных от функций, F '= *f* (Pi)

1 – прилагаемое усилие, P = 7 кг., 2 – прилагаемое усилие, P = 10 кг., 3 – прилагаемое усилие, P = 14 кг.

Численные значения глубины деформации z' в зависимости от приложенной силы P_i при максимуме энергии формоизменения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Точки максимума энергии формоизменения в зависимости от приложенного усилия P_i

P, кг	z', мкм
7	29
10	34,5
14	41

Предлагается гипотеза, что толщина слоя пропорциональна глубине на которой достигается максимум энергии формоизменения на линии действия силы.

$$h = c \cdot z'(P_i) \qquad (20)$$

где: z '– координата точки максимума энергии формоизменения при силе P_i,

h – толщина нанесенного материала,

c – абсолютная константа.

Отсюда вытекает следующее:

$$c = \frac{h}{x'(P_i)} \qquad (21)$$

Для проверки теоретических положений характеризующих процесс фрикционного латунирование были проведены экспериментальные исследования.

Методика экспериментальных исследований. Эксперимент проводился на токарном станке 16К20 с помощью специально разработанного приспособления. Режимы обработки: обороты n = 200 об/мин, поперечная подача S = 0,035 мм/об, угол наклона пластинки к оси золотника $\alpha = 10^o$. Время контакта латунной пластинки с валом зависит от скорости и подачи, потому как пластинка расположена под углом и смещается с каждым кругом.

Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Экспериментальные данные толщины нанесенного слоя латуни в зависимости от приложенного усилия P

№	P, кг	h, мкм
1	7	5
2	10	6
3	14	7

Для определения абсолютной константы воспользуемся фактическими данными полученными в процессе эксперимента по нанесению материала, данные приведены в таблице 2.

Экспериментальные значения подставим в выражения (21), получим величину:

$$c = \frac{5}{29} = 0{,}172$$

Полученное значение после расчета абсолютной константы *c* подставим в формулу (20), получим расчетную толщину нанесенного слоя h', результаты сравнения расчетных и экспериментальных данных для определения h представим в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальные и расчетные значения толщины нанесенного слоя латуни в зависимости от приложенного усилия P, и их расхождение

P, кг	Толщина нанесеного шара		Расхождение, %
	экспериментальная, h, мкм	расчетная, h', мкм	
7	5	4,988	0,24
10	6	5,934	1,1
14	7	7,052	0,7

Поскольку расхождение теоретических и расчетных значений незначительное, данная модель может быть использована для дальнейших расчетов.

Выводы: в статье определены параметры, влияющие на процесс фрикционного нанесения материала. Разработан алгоритм и установлены закономерности, которые позволяют получать расчетные значения толщины h нанесенного слоя антиизносного материала в зависимости от силы прижима P_i пластинки к валу. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов показало максимальное расхождение в 1,1%, что подтверждает адекватность модели.

Литература

1. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности [Текст] / А. В. Александров, В. Д. Потапов // Учеб. Для строительных спец. Вузов. – М .: Высш.школа. – 1990. – 400с.
2. Баранов, М. Н. Модификация поверхности трения [Текст] / М. Н. Баранов, М. Г. Исупов, Г. П. Исупов / Вестник Ижевск государственного технического университета. – 2008. –№ 4.
3. Беляев, Н. М. Сопротивление материалов [Текст] / Н. М. Беляев // М .: Наука. – 1965. – 856с.
4. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. Пятое изд., Перераб. и доп. / Д. Н. Гаркунов // М. – 2002. – 632 с.
5. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безызносности): Учебник. Пятое изд., Перераб. и доп. / Д.Н. Гаркунов // М. – 2001. – 616 с.

6. Лозовский, В. Н. Надежность гидравлических агрегатов [Текст] / В. Н. Лозовский // М. – 1974. – 320с.
7. Пат.23343 Украины, МПК7 B23P 9/00. Приспособления для фрикционно-механического нанесения покрытий / В. Б. Богуцкий, Л. Б.Шрон, В. В. Малыгина. – № u2006 11891. – Заявл. 13.11.2006; Опубл. 25.05.2007. Бюл.№7.
8. Самули, В. И. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. пособие для студентов вузов. Второе изд., Перераб. [Текст] / В. И. Самули // М.: Высш. Школа. – 1982. – 264 с.
9. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике [Текст] / Л. И. Седов // М .: Наука. – 1981. – 448 с.
10. Черкун, В. В. Способы нанесения антифрикционных покрытий приработочних [Текст] / В. В. Черкун, В. Б. Юдовинський // Мелитополь. – Труда ТГАТУ. – Вып 9. – Т 4. – Мелитополь. – 2009. – 180с.
11. Шрон, Л. Б. Исследование влияния условий фрикционно латунирование на параметры поверхностного слоя обработанных деталей [Текст] / Л. Б Шрон, В. Б. Богуцкий, В. М Мануйленко // Сборник научных трудов «Вестник НТУ». – ХПИ «Технологии в машиностроении. – Харьков. – 2009. – 101с.

УДК 621.311+621.1

О перспективности использования паропоршневых технологий в котельных г. Королёв

В.С. Дубинин, к.т.н., с.н.с., руководитель объединенной научной группы «Промтеплоэнергетика», Московский авиационный институт (ГТУ), г. Москва,
Д.В. Пахомов, студент,
С.О. Шкарупа, зав.лабораторией,
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московской области «Финансово–технологическая академия», город Королев, Московская область,
И.С. Трохин, инженер, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства,
Федеральное агентство научных организаций России, Москва

Статья посвящена проблемам автономной от центральных электросетей работы котельных. Это актуально, так как сейчас вспомогательное оборудование котельных имеет электропривод. В результате этого надёжность теплоснабжения падает в связи с падением надёжности электроснабжения обусловленной увеличением частоты и масштабов опасных природных явлений.

Предлагается использовать паропоршневые двигатели (ППД) для привода электрогенератора собственных нужд котельных или (и) осуществлять привод вспомогательного оборудования котельных ППД.

Приведены данные испытаний экспериментальных образцов ППД.

Паропоршневой двигатель, котельные, независимость от электросетей, надёжность теплоснабжения, пароводяная смесь, когенерация.

On the prospects of using in the Korolev`s boiler house steam piston technology

S.D. Vladimir, Ph.D., senior researcher, head of the joint scientific group «Promteploenergetika», Moscow aviation institute, Moscow,
D.V. Pakhomov, student,
S.O. Shkarupa, head of the laboratory,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training «Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,
I.S. Trohin, engineer, All-Russian research institute of electrification of agriculture,
Federal agency of the scientific organizations of Russia, Moscow

The article investigates the autonomous from the central power grids of boiler. This is true, because now accessory has electric boiler. As a result, the reliability of heat supply falls due to falling reliability of power supply due to the increase in the frequency and magnitude of natural hazards.

It is proposed to use steam piston engines (PPD) to drive an electric generator boiler house *or (and) to drive an boiler house`s auxiliary equipment steam piston engines (PPD).*

The data of the tests of experimental samples (PPD).

Steam piston engine, boiler house, mains-independent, reliable heating, steam-water mixture, cogeneration.

Все здания г. Королёв отапливаются от котельных. Общее количество котельных

в стране превышает 200 тыс., из них муниципальных более 73тыс. [12].

Всё вспомогательное оборудование котельных имеет электропривод, это дутьевые вентиляторы, дымососы, питательные, сетевые и другие насосы, и без электроэнергии котельная встает, не смотря на наличие топлива. При этом электрическая мощность, потребляемая котельной, почти в 100 раз меньше тепловой мощности, которую она вырабатывает, а стоимость оплаты электроэнергии сопоставима со стоимостью оплаты природного газа.

По информации территориальных органов Ростехнадзора причиной 28% случаев нарушения теплоснабжения, имевших серьезные последствия для потребителей зимой 2005/2006 года, были отключения электроэнергии в результате циклонов, обильных снегопадов и порывистого ветра [15].

25-26 декабря 2010 года ледяной дождь вывел из строя около 68 ЛЭП 110 кВ и 4 ЛЭП 220 кВ в Московской области, затем вышли из строя ЛЭП в Нижегородской, Тверской и Смоленской областях. После ледяного дождя начался снегопад, и разрушения ЛЭП продолжились. Без электроснабжения остались около полумиллиона человек. Обесточены были аэропорт Домодедово и 788 населенных пунктов в 26-ти районах Московской области, затем режим чрезвычайной ситуации был объявлен губернатором Московской области в 18-ти районах и 4-х городах. Только в Шатурском районе Московской области вышло из строя 300 ЛЭП 110 кВ. В Раменском районе 80 % ЛЭП разрушено. Речь идет уже не о восстановлении ЛЭП, а об их строительстве. При этом глава МЧС В. А. Пучков в своём интервью сказал, что количество опасных явлений увеличилось в 1,5 раза за последние 10 лет. Но и без этого интервью известно, что эти явления теперь зимой происходят почти ежемесячно. Например, 5-6 января 2015 г. в Ростовской области осталось без электроснабжения 57 тысяч абонентов.

То, что аварии связанные с изменением климата нарастают, стало понятно и руководству России. Прошло заседание Совета Безопасности по вопросам изменения климата, на котором Президент РФ сказал, имея в виду изменение климата: «Пока нет единого прогноза и точного сценария этих процессов, что бы кто ни говорил. Но мы обязаны быть готовы к любому развитию событий и использовать это развитие событий на пользу нашей экономики, для того, чтобы укреплять мощь нашего государства, нашей страны и защищать наших граждан от негативного воздействия климатического фактора на их жизнь» [8].

Оборудование обеспечивающее работу котельных независимо от центральных электросетей может быть следующим: для газовых котельных г. Королёв это может быть газопоршневой двигатель или паросиловая установка, а для других паросиловая установка.

Для газовой котельной паросиловая установка может оказаться предпочтительней газопоршневого двигателя по следующим причинам.

1. При полной конденсации выхлопного пара, как правило осуществляющейся в бойлере горячей воды, можно получить коэффициент использования тепла сгорания топлива близкий к КПД парового котла, в то время как установка котла-утилизатора ограниченной металлоёмкости на выхлопных газах газопоршневого двигателя не может дать близкую к 100% утилизацию выхлопных газов (коэффициент теплоотдачи от газа к стенке на порядок ниже, чем от конденсирующегося пара к стенке).
2. При прекращении подачи газа и переходе на резервное топливо – мазут, паросиловая установка продолжит работу, а газопоршневой двигатель встанет.
3. На газопоршневой двигатель надо получать разрешения треста газового хозяйства (новое газоиспользующее оборудование), на паросиловую установку, в случае её применения в действующей паровой котельной, это не требуется.
4. Мини ТЭЦ сохраняется при переводе котельной на твёрдое топливо, это

может стать целесообразным в связи со вступлением России в ВТО, что рано или поздно приведет к выравниванию внутрироссийских цен на газ с мировыми, то есть к повышению их в 3 раза.

Единственным недостатком паросиловой установки является большой расход топлива на единицу механической или электрической мощности, особенно при использовании пара низких параметров, наиболее распространенного в действующих паровых котельных с котлами ДКВР, ДЕ, КЕ, номинальное давление пара в которых 13 кг/см^2, а разрешенное 8-10 кг/см^2 по причине выработки ресурса этими котлами. Поэтому, если говорить об использовании электрической/механической энергии вне котельной, областью применения паросиловых установок являются предприятия с низким отношением потребляемой электрической к тепловой мощности потребляемой круглогодично на технологические нужды. Только в этом случае можно полезно использовать всю тепловую энергию выхлопного пара и приблизить коэффициент использования тепла к КПД котла. Это предприятия пищевой промышленности, и те деревообрабатывающие предприятия, где сушка древесины осуществляется паром. Если рассматривать использование электрической/механической энергии только внутри котельной, то отношение электрической энергии к тепловой очень низкое, что делает использование в газовых котельных паросиловых установок предпочтительным по сравнению с газопоршневыми двигателями (в котельных твёрдого топлива им нет альтернативы). Более того, для сохранения режима работы существующих бойлеров горячей воды целесообразно отнимать у пара тот минимум энтальпии, которая необходима для производства электрической/механической энергия. То есть надо вводить понятие потребного электрического/механического КПД паросиловой установки: отношение электрической/механической энергии потребляемой котельной к отдаваемой котельной тепловой мощности, а он невелик. Так в 2000 г. были обследованы котельные Щелковской теплосети, имеющие паровые котлы для определения мощности и потребного КПД паросиловых установок, он получился от 1,27 до 4,67 (большая величина для котельных, имеющих, кроме паровых, водогрейные котлы) результаты этого обследования по каждой котельной изложены в [6], размещённой на сайте www.energodub.ru.

Из этого видно, что при расчётной температуре потребный КПД очень низок и обеспечивается любым из далее рассматриваемых типов паросиловых установок (ПСУ), при КПД выше потребного его снижение обеспечивается с помощью перепуска пара в обход ПСУ. Для других температур необходимо дополнительное исследование. Что касается чисто водогрейных котельных, то определение целесообразности применения газовых двигателей или ПСУ можно сделать только технико-экономическим расчётом для конкретного случая. Технические решения для применения ПСУ следующие:

1. Реконструкция водогрейного котла в пароводогрейный, такой опыт изложен в [1,14].
2. Использование турбины [11] или поршневого двигателя способного работать на перегретой воде [13].
3. Использование аппарата вскипания для получения пара из перегретой воды.
4. Установка в водогрейной котельной дополнительного парового котла.
5. Перевод чугунных котлов секционных котлов, не подлежащих учету в органах Ростехнадзора, в паровой режим с давлением пара 0,7 кг/см^2, что потребует более дорогого поршневого двигателя, способного работать на паре столь низких параметров.

Теперь о наших результатах. Ввиду того, что наши возможности ограничены, то испытания проводим с малолитражными стационарными и автомобильными двигателями. Последние испытания проводились с двухцилиндровым двигателем УД-2М1 (рабо-

чий объём 600 см^3, n=3000 об/мин). Переделку осуществляли возможностями ремонтной мастерской. Мотор является нижнеклапанным, изменению подверглись лишь не содержащие подвижных деталей головки и распредвал. Оба клапана в результате становятся выпускными, а впуском управляет газодинамическое устройство, являющееся при этом головкой цилиндра. В газораспределительном механизме удалось сохранить как передаточное отношение, так и штатные клапана.

Таблица 1 – Параметры работы высокооборотных паропоршневых двигателей. Часть 1

Дата	Число и мощность ламп накаливания	$P_{вх}$	$P_{вых}$	n	V_{10}	V_{20}	V_{30}	V_{12}	V_{23}	V_{13}	Расчетная мощность по напряжению на лампах
	шт, Вт	кг/см^2		об/мин	Вольт						кВт
октябрь 1997г.	3×5×300	5	0	2580	180	180	180	280	о/п	о/п	3,68

Примечание: рабочее тело – сжатый воздух из сети, прошедший после компрессорной охладитель и охлаждённый в ресивере до температуры наружного воздуха.

Таблица 2 – Параметры работы высокооборотных паропоршневых двигателей. Часть 2

Дата	Число и мощность ламп накаливания	Рвх	Рвых	№ (Эл. Счетчик) По времени одного оборота диска	F	V10	V20	V30	I12	I23	I13	Параметры газодинамического устройства каждого цилиндра	n
	шт, Вт	кг/см2		об/мин	Гц	Вольт			Ампер				Об/мин
18. 11. 04.	3×25 3×150 3×200	7	0	0,45	41,5	200	200	200	0,67	0,67	0,67	8,10	1260
18. 11. 04.	3×25 3×150 3×200	7	0	0,359	41	160	160	160	0,27	0,27	0,27	8,10	1250
10. 12. 04.	3×25 3×150 3×200	5	0	1,2	43	200	200	200	1,83	1,92	1,92	15,15	1300
16. 12. 04.	3×25 3×150 3×200 3×300 3×100	5,8	0	2,25	45,9	210	210	210	3,33	3,33	3,33	15,15	1450
16. 12. 04.	3×25 3×150 3×200 3×300 3×100	5,4	0	2,18	45,4	210	210	210	3,33	3,33	3,33	15,15	1400

16. 12. 04.	3×25 3×150 3×200 3×300	5	0	1,95	45,4	220	220	220	2,83	3	2,83	15,15	1400
20. 12. 04.	3×25 3×200 3×300 3×25 3×150	5,2	0	2,06	46	220	220	220	3,17	3,17	3,17	15,15	1410
20. 12. 04.	3×25 3×150 3×200 3×300 3×100	5,7	0	2,18	46	220	220	220	3,17	3,33	3,17	15,15	1450

Примечание: рабочее тело – насыщенный пар (вероятно пароводяная смесь).

Как видим из таблиц №1 и №2 на столь низких параметрах рабочего тела получаем достаточно высокую частоту вращения порядка 1500 об/мин и электрическую мощность практически такую же, какой обладает электростанция на базе этого бензинового двигателя (АБ-4, Nэл=4 кВт). Такие высокооборотные паровые машины, мы называем паропоршневыми двигателями (ППД) как имеющие принципиально другую конструкцию.

Следует сказать, что осенью 2011 года на одноцилиндровом варианте этого же двигателя членом объединённой научной группы «Промтеплоэнергетика» М.К. Лаврухиным по программе «Старт» Фонда содействию малых форм предприятий в научно-технической сфере получена мощность 2,12 кВт на лампах накаливания запитываемых от асинхронного самодельного электрогенератора с низким КПД приводимого ППД. Это может означать получение мощности не менее 3 кВт от ППД полученного конвертацией бензодвигателя мощностью 2 кВт с частотой вращения 3000 об./мин. в ППД с частотой вращения 1200 об./мин. при давлении пара 7,5 кг/см^2 манометрических.

Все описанные эксперименты на паре на самом деле проводились на пароводяной смеси, на которой другие типы паровых двигателей,, в том числе классические паровые машины, работать не могут (котлы ДКВР при давлении существенно ниже номинального (14 кг/см^2) вырабатывают не пар, а пароводяную смесь [2]). Эксперименты М.К. Лаврухина на физической модели показали, что возможно дальнейшее увеличение мощности. Натурные эксперименты были, к сожалению, прерваны в связи со сменой руководства ОАО «Теплосеть» г. Королёв, где они проводились.

Так же следует отметить, что в процессе экспериментов 2004 г. был получен уникальный на наш взгляд результат – это работа, поршневого двигателя на перегретой воде. Во время испытаний происходил унос воды и вместо насыщенного пара от одного из котлов шла перегретая вода. Головки нашей конструкции обеспечили работу двигателя на перегретой воде, причём мощность по сравнению с пароводяной смесью снижалась только в два раза. В дальнейшем эти же головки обеспечили демонстрацию работы на паре с давлением ниже атмосферного - практически в режиме холостого хода.

Научной группой «Промтеплоэнергетика» МАИ ведутся разработки паропоршневых двигателей на базе серийных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и изобретений и ноу-хау, созданных её сотрудниками ранее. Все наши разработки ориентированны на автономную работу от электросетей. Благодаря использованию дешевых устаревших ДВС существует уникальная возможность поставки оборудования с проведением ОКР и НИР для конкретной котельной со сроком окупаемости, в ряде случаев, в течение менее одного отопительного сезона. Благодаря изобретениям сотрудников научной группы все подвижные и изнашивающиеся детали паропоршневых двигателей (кроме иногда распредвала) сохранены от исходного ДВС, что обеспечивает решение проблемы запчастей

и ремонта обычными автослесарями [3, 4,5].

Применение паропоршневых машин возможно в нескольких вариантах.

1. Одна паропоршневая машина вращает электрогенератор, обеспечивающий электроэнергией всю котельную

2. Паропоршневые двигатели являются приводом для наиболее мощного вспомогательного оборудования котельных вместо электродвигателей. Маломощный электрогенератор, приводимый паропоршневым двигателем, обеспечивает электроэнергией остальное оборудование котельной

3. Практически все вспомогательное оборудование котельной приводится паропоршневыми двигателями, совсем небольшой электрогенератор с паропоршневым двигателем вырабатывает электроэнергию только для КИП и А.

4. Приводом наиболее мощного вспомогательного оборудования котельной являются паропоршневые двигатели, остального – электродвигатели, потребляющие сетевую электроэнергию. Этот вариант не дает автономности работы котельной от внешней электросети, но снижая потребление электроэнергии на порядок обладает наименьшим сроком окупаемости.

5. Паропоршневые двигатели являются приводом вспомогательного оборудования необходимого для функционирования только одного или нескольких паровых котлов круглогодично работающих на систему горячего водоснабжения. Этот вариант имеет наименьший срок окупаемости, так как ППД работает круглогодично.

5-й вариант с точки зрения его экономической целесообразности рассмотрен в главе 4 диссертации В.С. Дубинина [6], размещённой на сайте www.energodub.ru. В нём кроме применения ППД предусматривалась замена насосов горячего водоснабжения на пароструйные насосы, что позволяло вытеснить 67,82 кВт электрической мощности. В случае начала проекта в 2013 г. Предполагалось иметь дисконтируемый срок окупаемости при ставке дисконта 13% несколько менее 4 лет, а простой срок окупаемости – несколько менее 3-х лет. Начальные инвестиции планировались 6782 тыс. руб. В них включались затраты на аварийный пароструйный агрегат.

Кроме экономии средств на оплату электроэнергии, данное техническое решение обеспечит сохранение в работе системы теплоснабжения в отопительный период при аварии в электросетях, для чего предусмотрен аварийный пароструйный агрегат (эжектор), установленный параллельно с сетевым насосом, на который подается весь пар с единственного котла данной котельной, работающего независимо от центрального электроснабжения. В этом случае ГВС отключается. Это позволяет в условиях котельной «Молодежная» при отсутствии электроснабжения обеспечить температуру обратной сетевой воды не менее +4°С (нормальная температура обратной сетевой воды +70 °С). Это означает, что не надо сливать воду из теплосети при отсутствии электроэнергии.

Более ранние технико-экономические обоснования применения ППД для двух других котельных приведены в [7,9].

Предполагалось, что к моменту начала реализации проекта по варианту 5 будет уже работать ППД приводящий электрогенератор, обеспечивающий функционирование, освещение и КИП и А этой котельной. Смена руководства ОАО «Теплосеть» не позволило реализовать эти планы. Причины изложены в отписках менявшихся руководителей администрации г. Королёва. Серьёзность аргументов, изложенных в них, предлагаю оценить читателям (они размещены на сайте www.energodub.ru).

Предложенные здесь паропоршневые двигатели предназначены в первую очередь для котельных, где они устанавливаются параллельно задвижке дросселирующей пар идущий из паровых котлов в бойлер горячей воды. При этом для сохранения тепловой схемы котельной предполагается, что количество тепловой энергии переходящей в механическую невелико и примерно таково, что пар остаётся насыщенным (при дроссе-

лировании насыщенного пара задвижкой, он перегревается). При этом коэффициент использования теплоты сгорания топлива приближается к КПД котла, если выходной пар паропоршневого двигателя полезно используется.

Ручное регулирование частоты позволяет подобрать оптимальную частоту вращения вспомогательного оборудования котельных, что даёт эффект аналогичный применению регулируемого электропривода (снижение потребной механической мощности, расхода воды и газа).

Такие паропоршневые двигатели не целесообразно использовать для автономных паросиловых установок.

Объединённая научная группа «Промтеплоэнергетика» готова разрабатывать и поставлять паропоршневые двигатели автономных паросиловых установок и сами установки с давлением перегретого пара 39 кг/см^2 и выше, что даёт КПД электрический 20-30%, а при полезном использовании выхлопного пара коэффициент использования теплоты сгорания топлива приближается к КПД котла.

Рассмотрим теперь, что из себя представляет путь создания высокоэффективного ППД с нуля.

При соответствующем финансировании работ представляется возможным создание ППД с высокими параметрами пара, обладающего КПД 35-40%. Не исключено применение парогазового и бинарного цикла работы двигателя, что обеспечит ещё более высокий КПД, практически до теоретического предела тепловой машины - 50%.

Теперь обратим внимание на следующий аспект проблемы автономной выработки энергии, это поддержание стабильной частоты тока 50±0,2 Гц (по ГОСТ 13109-87, в который не укладывается ни один регулятор, применяемый на современных двигателях) при изменении внешней нагрузки. Какие варианты здесь существуют.

Первый – это параллельная работа с сетью, да ещё и как это полагается привод вспомогательного оборудования сетевой электроэнергией. В этом случае при отключении сетевой электроэнергии встаёт и наша установка, а при нормальной работе не возможно договориться с АО «… энерго».

Второй – это выпрямление получаемого тока, а затем, через инвертор, его преобразование в переменный ток стабильной частоты. Стоимость электротехнического оборудования при этом составляет 2/3 от стоимости установки и поэтому значительно увеличивает срок окупаемости.

Благодаря работе объединённой научной группы «Промтеплоэнергетика» появилась третья возможность поддержания стабильной частоты тока. Наша группа обладает НОУ-ХАУ, которое позволяет стабилизовать частоту вращения самого двигателя, как бы не менялась внешняя нагрузка. Это НОУ-ХАУ позволяет сделать силовую установку простой, надёжной и дешевой.

Подводя итог вышесказанного, можно сказать, что имеется возможность своеобразной модернизации энергетики на базе паропоршневых технологий, в двух направлениях:

1. Применение паропоршневых технологий в котельных, в том числе и водогрейных, что сделает теплоснабжение страны более дешевым и надёжным.

2. Применение паропоршневых двигателей в автономных паросиловых установках для электроснабжения на базе местного топлива и отходов.

Литература

1. Верес, А. А., Бузников, Е. Ф. Перевод башенных водогрейных котлов ПТВМ-50, ПТВМ-100 в комбинированный пароводогрейный режим [Текст] / А. А. Верес, Е. Ф. Бузников // Промышленная энергетика. – 1998. – №9.
2. Внуков, А. К. Эксплуатация промышленных и коммунальных котлов при пониженных давлениях [Текст] / А. К. Внуков // Новости теплоснабжения. – 2004. – №9.

3. Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М., Титов, Д. П. Роль паропоршневых двигателей в реформировании энергетики России [Текст] / В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин, Д. П. Титов // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика 2004». – 11-14 октября 2004 г., – г. Москва.
4. Дубинин, В. С. Сопоставление систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения в современных условиях России. Часть 3 [Текст] / В. С. Дубинин // Промышленная энергетика. – 2005. – №11.
5. Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М., Титов, Д. П. Перспективы применения паропоршневых двигателей для привода вспомогательного оборудования котельных [Текст] / В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин, Д. П. Титов // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Малая энергетика 2003». – 11-14 ноября 2003 г. – г. Обнинск.
6. Дубинин, В. С. Совершенствование систем энергоснабжения в газифицированных регионах России на базе поршневых технологий. // Канд. дисс. Спец. 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы. – М.: МЭИ. – 2013. – 216 с.
7. Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М., Кормилицын, С. Р., Титов, Д. П. О работе одного из паровых котлов ДКВ-6,5-13 в котельной автономно от электрических сетей [Текст] / В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин, С. Р. Кормилицын, Д. П. Титов // Промышленная энергетика. – 2007. – №6.
8. Климат-контроль. Заседание Совета Безопасности по вопросам изменения климата. – Энергополис, 2010, № 4. – С. 6–7.
9. Лаврухин, К. М. Предложения по снижению зависимости небольшого подмосковного города от АО «Мосэнерго» [Текст] / К. М. Лаврухин – Промышленная энергетика. – 2008. – № 6. — С. 2–6.
10. Пульнер, И. П. Горячие результаты холодного сезона [Текст] / И. П. Пульнер // Энергонадзор и энергобезопасность. – 2006. – №2.
11. Российские энергоэффективные технологии. Энергоэффективные технологии производства электроэнергии. Технология ТУРБОКОН. – Выпуск 1. – Москва. – 2001.
12. Семенов, В. Г. О реконструкции котельных в ТЭЦ [Текст] / В. Г. Семенов // Новости теплоснабжения. – 2006. – №1.
13. Титов, Д. П., Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М. Паровым машинам быть! [Текст] / Д. П. Титов, В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин // Промышленная энергетика. – 2006. – №1.
14. Федоров, А. И., Овчинников, В. А. Опыт перевода водогрейных котлов типа ПТМ-30М и КВГМ в пароводогрейный режим с выработкой пара и горячей воды в одном агрегате [Текст] / А. И. Федоров, В. А. Овчинников // Промышленная энергетика. – 1999. – №1.
15. Яковлев, В. А. О работе предприятий жилищно-коммунального хозяйства в осенне-зимний период 2005-2006 гг. и задачах по подготовке их к работе в осенне-зимний период 2006-2007 гг. [Текст] / В. А. Яковлев // Новости теплоснабжения. – 2006. – №6.

УДК 628.517.2

Разработка моделей динамики автотранспортных потоков и анализ шумовой нагрузки от автотранспорта

Ю.Н. Затуранов, соискатель,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Шумовое загрязнение от автомобильного транспорта является важнейшей экологической проблемой городов. Структура транспортных потоков является специфической особенностью каждого города и его частей и требует практических мероприятий, обеспечивающих снижение шумового загрязнения на улицах города. Поэтому совершенствование методики оценки шумового загрязнения, включая разработку динамических, графических, математических и компьютерно-реализованных моделей структуры движения автотранспорта, является актуальной задачей.

Эквивалентный уровень звука, шумовое загрязнение, сезонные колебания.

Development of models of the dynamics of traffic-analysis and noise pollution from motor vehicles

Y.N. Zaturanov, the applicant,
State Educational Institution of Higher Professional Education of the Moscow region «Financial and Technological Academy», Korolev, Moscow region

Noise pollution from road transport is the major urban environmental issues. The structure of traffic flows is a particular feature of each city and its parts and requires practical measures that reduce noise pollution in the city streets. Therefore, improving the methods of assessment of noise pollution, including the development of dynamic, graphical, mathematical and computer-implemented models of the movement of vehicles, is an urgent task.

Equivalent noise level, noise pollution, seasonal fluctuations.

Система экологического нормирования, принятая в Российской Федерации включает в себя вопросы обязательной оценки шумового загрязнения окружающей среды и осуществление мероприятий по снижению негативного воздействия на жителей городов.

В соответствии с ГОСТ 20444-85 под шумовой характеристикой автомобильного транспорта следует понимать эквивалентный уровень звука, устанавливаемый в 7,5 м от оси, ближней к точке измерения полосы, на высоте 1,5 м от уровня покрытия проезжей части.

Измерение эквивалентного уровня звука можно проводить интегрирующими шумомерами, главным недостатком которых является то, что мы получаем единичное фиксированное значение уровня звука. Либо эквивалентный уровень звука определяется расчетным путем, в зависимости от динамики движения грузового и легкового автотранспорта в двух направлениях (в город и из города), средней скорости транспортного потока, доли грузового и общественного транспорта в общем потоке по формуле:

$$L_{Аэкв} = 10\ \lg Q + 13{,}3 \lg V + 4\ \lg(1+\rho) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15, \text{ дБА} \quad (1),$$

где:

Q – интенсивность движения в двух направлениях, авт/час;

V – средняя скорость потока, км/час;

ρ – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %;

ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$);

ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА.

Предполагая, что перечисленные характеристики имеют временную изменчивость, необходимо иметь комплекс математических моделей зависимостей структуры (количество легковых и грузовых автомобилей в двух направлениях и средней скорости движения потока) от различных периодов времени.

Для выявления зависимостей показателей структуры транспортных потоков от времени были организованы и проведены наблюдения структуры движения грузового и легкового автотранспорта в двух направлениях (из города и в город). На первом этапе наблюдения проводились в течение 5 рабочих дней с 8.00 до 22.00 часов в 2010 году (всего 52 недели).

Объектом исследования была выбрана самая загруженная улица города Королёва – улица Пионерская (рисунок 1).

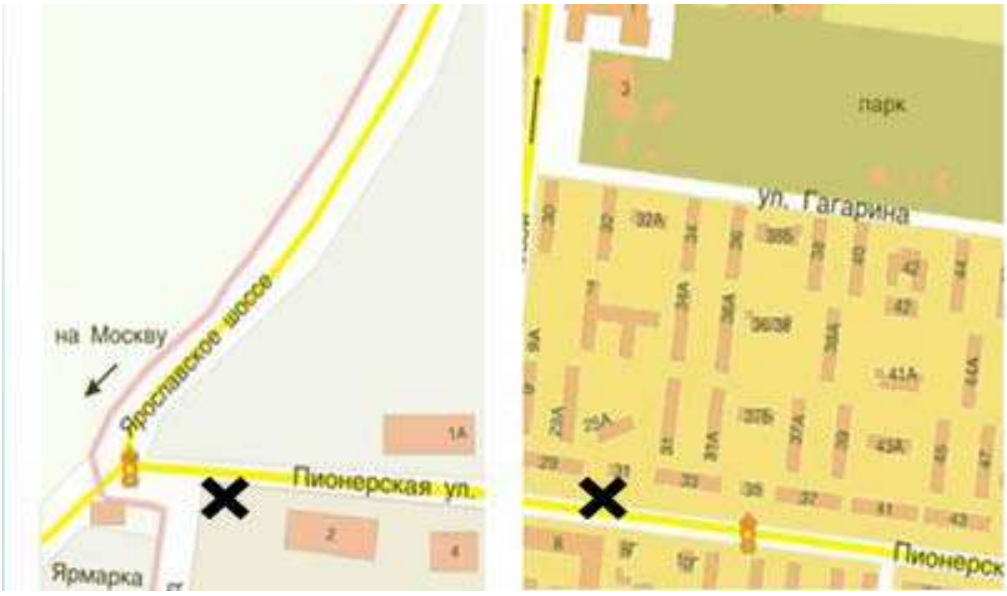


Рисунок 1 – Контрольные точки автомобильной дороги г. Королёва, где проводились наблюдения

По результатам наблюдений получены зависимости (модели) количества проходящих легковых и грузовых автомобилей из города и в город от времени суток. Две из полученных графических моделей представлены на рисунках 2 и 3.

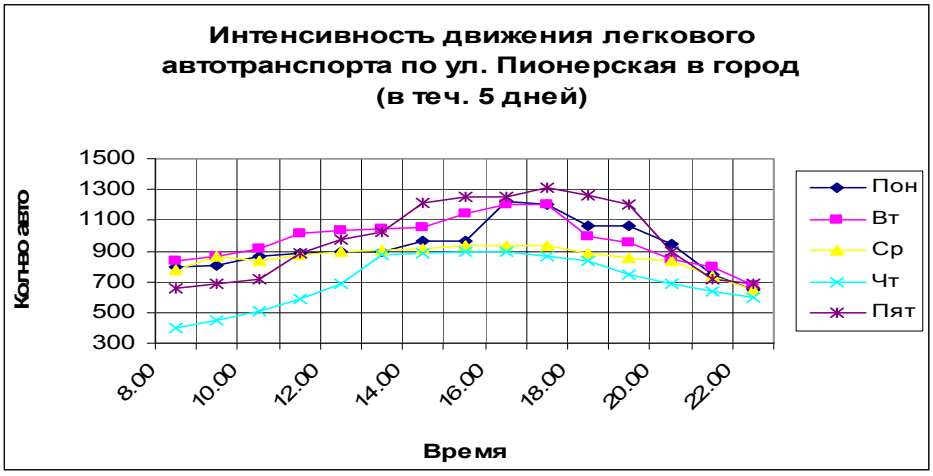


Рисунок 2 – Графическая модель легкового автотранспорта по улице Пионерская в город

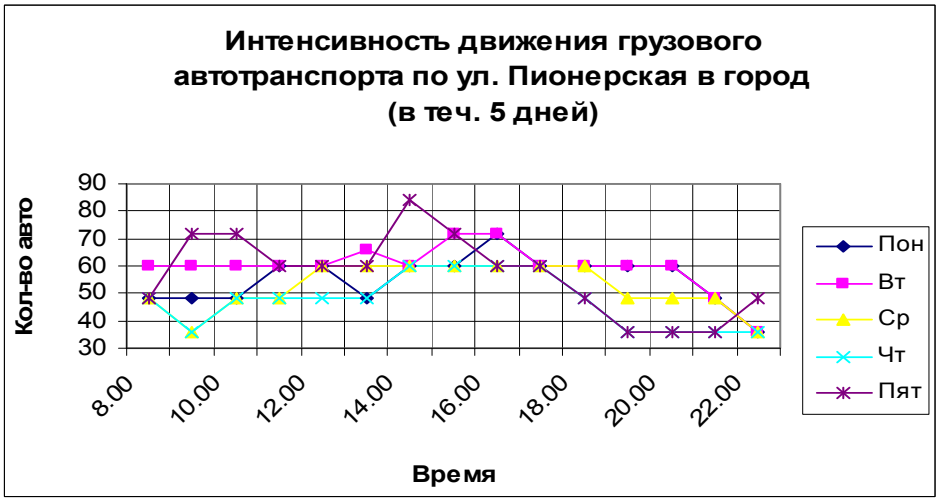


Рисунок 3 – Графическая модель грузового автотранспорта по улице Пионерская в город

По результатам моделирования можно увидеть зависимости и закономерности изменения интенсивности движения грузового и легкового автотранспорта в различные периоды суток, которые дают обоснование для разработки математических моделей.

Анализ графических моделей структуры движения грузового и легкового автотранспорта при въезде в город в понедельник – пятницу наблюдаются идентичные тенденции, увеличиваясь в период с 8.00-17.00 часов и убывая с 17.00-22.00 часов. Локальный максимум по легковому автотранспорту наблюдается в 17.00-18.00 часов и составляет в среднем 1200 легковых машин в час (рисунок 2), а по грузовому транспорту локальный максимум структуры движения потока наблюдается в 15 часов и составляет в среднем 70 машин в час (рисунок 3).

Соответственно были получены и аналогичные зависимости структуры движения легкового и грузового автотранспорта из города.

Таким образом, выявлены определенные зависимости структуры потоков авто-

мобильного транспорта от времени суток по неделям каждого месяца.

По результатам наблюдений нами получены графическая и математическая модели интенсивности движения автотранспорта(Q) в течение суток в среднем за три года (рисунок 4).

Рисунок 4 – Интенсивность движения автотранспорта в течение суток за 2010-2012 г.г.

Полученные модели позволили выявить следующие особенности интенсивности движения в течение суток. Число автомобилей возрастает с 8.00 (1700 автомобилей) до 15.00 часов, где зафиксирован максимум (2750 автомобилей) и постепенно снижается до 1500 автомобилей в 22.00 часа. Полученная математическая модель представляет собой полиномиальное уравнение 3-ей степени:

У = $-0{,}4556x^3 - 15{,}706x^2 + 347{,}24x + 1230{,}6$, где:

у – количество грузовых и легковых автомобилей в двух направлениях за год,

х – номер временного периода,

R^2 = 0,9591 значение критерия согласия R^2 близкое к единице, определяет высокую степень соответствия значений теоретической кривой и экспериментальных точек.

Для выявления тенденций многолетней динамики структуры транспортных потоков и прогнозирования их изменения, нами необходимо исследовать сезонные колебания.

Моделирование сезонных колебаний транспортных потоков проводилось с использованием аппроксимации рядов Фурье.

Математическая модель сезонных колебаний имеет вид:

$$\bar{y}_t = a_0 + \sum_{t=0}^{m} (a_k \cos kt + b_k \sin kt). \qquad (2)$$

где: k определяет гармонику ряда Фурье и задается целым числом в нашем исследовании k = 5. Параметры уравнения можно рассчитать методом наименьших квадратов.

Для этого мы находим частные производные этой функции и приравниваем их к нулю, после чего получаем систему нормальных уравнений, из которой вычисляем параметры:

$$a_0 = \frac{1}{n}\sum y; \quad a_k = \frac{2}{n}\sum y\cos kt; \qquad b_k = \frac{2}{n}\sum y\sin kt. \tag{3}$$

Последовательные значения временного периода определяются от нуля с увеличением, равным $2\pi / n$, где n – число уровней ряда динамики.

Для изучения периодических (циклических) годовых колебаний – сезонности берется n = 12, по числу месяцев в году. Ряд динамики годового цикла следует анализировать в 12-и равноотстоящих точках полного периода 2π. Отсюда, воспользовавшись выражением (2), определим систему аналитических уравнений для аппроксимации исследуемого процесса рядом Фурье с пятью гармониками.

На рисунке 5 представлены графические и математические модели сезонных колебаний. В качестве исследования были выбраны зависимости структуры движения грузового и легкового автотранспорта в двух направлениях от месяца года (сентябрь 2010 – август 2012 г.г.).

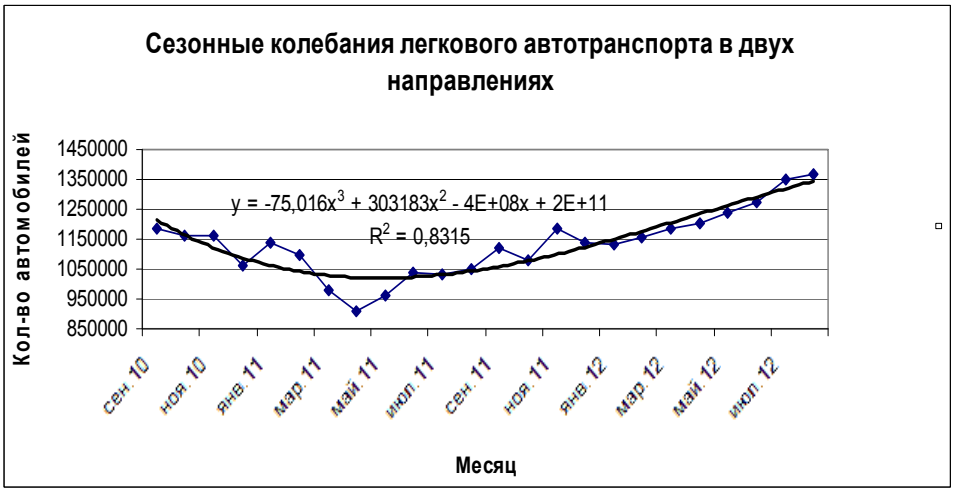


Рисунок 5 – Интенсивность движения легкового автотранспорта за 2010-2012 г.г.

Представленная на рисунке зависимость показала, что максимальная интенсивность движения легкового автотранспорта приходятся на октябрь и декабрь 2011 года, а минимальная наблюдалась в марте-мае 2011 года и в мае 2012 года. Это говорит о том, что наблюдаются сезонные колебания количества легкового автотранспорта в течение двух лет. Но как видно на рисунке, число автомобилей возрастает с каждым годом, что ведет к ухудшению качества жизни в городе.

Математическая модель на рисунке 5 представляет собой полиномиальное уравнение 3-ей степени:

У = - 75,016 x^3 + 303183 x^2 – 4E + 08x + 2E + 11

R^2 = 0,8315.

Также была выявлена зависимость при изучении интенсивности движения грузового автотранспорта, представленная на рисунке 6.

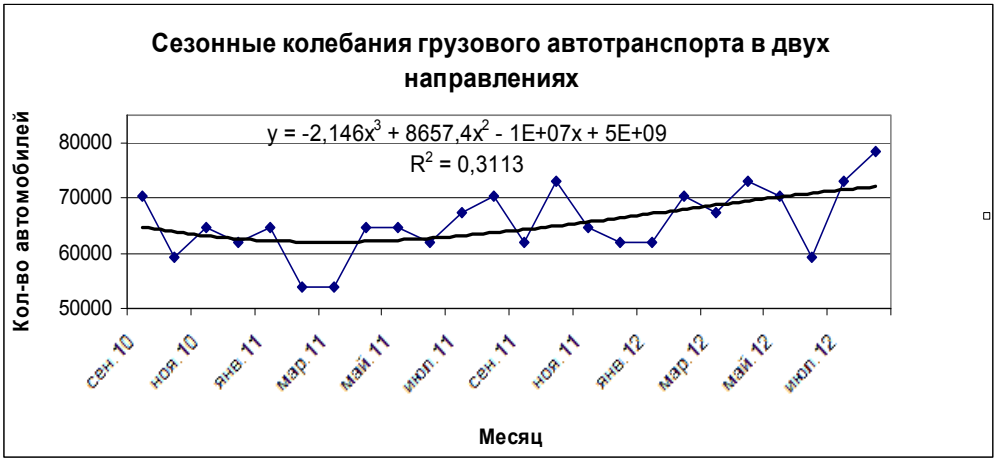


Рисунок 6 – Интенсивность движения грузового автотранспорта за 2010-2012 г.г.

Таким образом, были выявлены определенные зависимости сезонных колебаний, которые позволяют в дальнейшем рассчитать эквивалентный уровень звука и внести предложения по регулированию структуры транспортных потоков для снижения шумовой нагрузки до нормативных значений и повышения качества жизни населения, а также существенно позволит нам контролировать изменения транспортных потоков на самой загруженной улице города Королева – Пионерской.

Для определения оценки шумового загрязнения на улице Пионерской города Королёва в период с 8.00 до 22.00 часов, были рассчитаны и проанализированы эквивалентные уровни звука (2010 - 2012 г.г.), и построены графическая и математическая зависимости (рисунок 7).

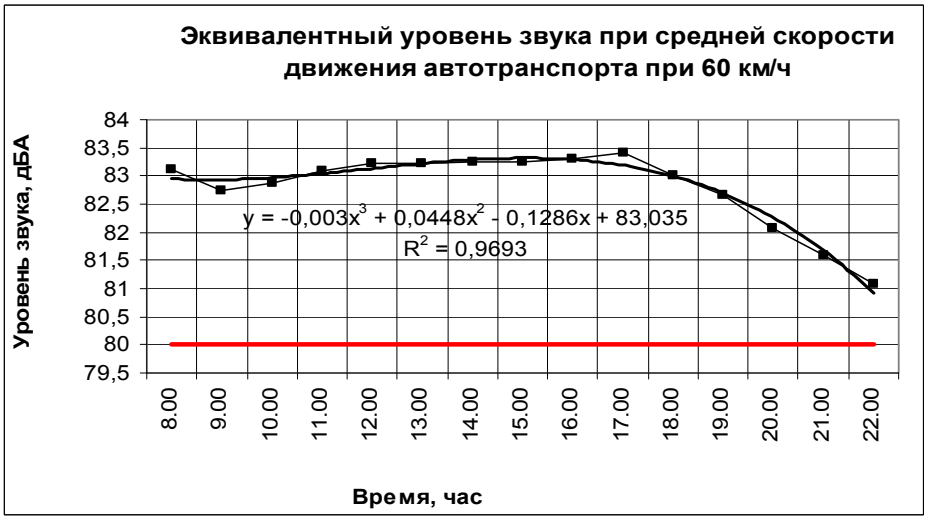


Рисунок 7 – Модель эквивалентного уровня звука легкового автотранспорта при скорости движения 60 км/ч

Представленная модель показывает, что эквивалентный уровень звука с 8.00 до 22.00 часов, превышает предельно допустимое значение (80 дБА) в среднем на 10%. Качество жизни жителей города нельзя признать благоприятными и поэтому требуется

принять меры по снижению уровня звука.

Самыми благоприятными мероприятиями по снижению уровня звука от легкового и грузового транспорта являются: запрет въезда грузового автотранспорта на улице Пионерской в самые загруженные часы (примерно 14.00-15.00 часов) и снижение скорости движения на улицах города.

Для снижения шумовой нагрузки, были проведены расчеты уровня звука при меньшей скорости движения в пределах 40 км/ч (рисунок 8).

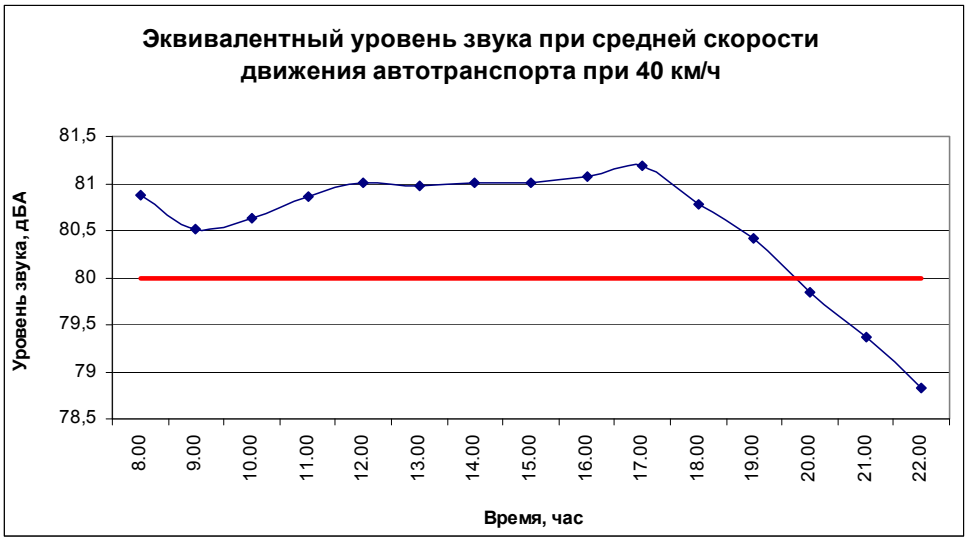


Рисунок 8 – Модель эквивалентного уровня звука легкового автотранспорта при скорости движения 40 км/ч

Из полученной зависимости видно, что мероприятия по снижению скорости движения с 60 км/ч до 40 км/ч нельзя признать эффективным, так как в период с 8.00 до 20.00 часов уровень звука не снижается. Лишь в период с 20.00 до 22.00 часов эквивалентный уровень звука от автотранспорта снижается в среднем до 79,5 дБА.

Аналогичные графические модели были построены и по эквивалентному уровню звука грузового автотранспорта.

В качестве обоснования мероприятий по снижению эквивалентного уровня звука на окружающую среду от автотранспорта можно включить архитектурно-планировочные мероприятия, в которые входит:

- зонирование территории города;
- рациональное размещение автомобильных дорог;
- планировка жилых районов;
- озеленение населенных мест.

Также существуют инженерно-организационные мероприятия. В них включают снижение структуры движения легкового и грузового автотранспорта на перегруженных городских магистралях.

Для того чтобы снизить уровень звука от автотранспорта, проводят следующие мероприятия, включающие организацию движения городского транспорта, в которую входит:

а) введение ограничения проходящего грузового автотранспорта по городу;

б) регулировка работы светофоров («зеленая волна») и автотранспортных развязок;

в) оптимизация скорости движения грузового и легкового автотранспорта.

Литература

1. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Метод определения шумовой характеристики. – М: Изд-во стандартов. – 1985.
2. Затуранов, Ю. Н. Разработка модели оценки шумового загрязнения городской среды от автотранспорта для обеспечения безопасности жизнедеятельности [Текст] / Т. Н. Антипова, Ю. Н. Затуранов // БЖД. – 2013 г. – № 3. – С. 22-24.
3. Затуранов, Ю. Н. Регрессионные модели структуры транспортных потоков для оценки шумовой нагрузки в городе Королеве [Текст] / Т. Н. Антипова, Ю. Н. Затуранов // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством» МАТИ. – г. Москва, 2012 г. – С. 111-112.
4. Затуранов, Ю. Н. Моделирование сезонных колебаний транспортных потоков методом аппроксимации рядов Фурье для оценки качества жизни в мегаполисе [Текст] / Т. Н. Антипова, Ю. Н. Затуранов // Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством» МАТИ. – г. Москва. – 2013 г. – С. 154-156.
5. Затуранов, Ю. Н. Анализ методик расчета эквивалентного уровня шума для оценки качества городской среды [Текст] / Ю. Н. Затуранов // Сборник материалов II Ежегодной научной конференции аспирантов КИУЭС. – г. Королев. – 2011 г. – С. 78-79.
6. Затуранов, Ю. Н. Разработка математических моделей зависимости автотранспортных потоков на основе сезонных колебаний для улучшения качества городской среды [Текст] / Ю. Н. Затуранов // Сб. материалов IV Ежегодной научной конференции аспирантов ФТА – г. Королев. – 2013 г.
7. Затуранов, Ю. Н. Разработка и моделирование структуры транспортных потоков для оценки качества городской среды [Текст] / Ю. Н. Затуранов // Сб. научных трудов 2-ой Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Юго-Западного государственного университета. – г. Курск. – 2014 г. – С. 94-98.

УДК 004.93

Спектры функций алгебры логики

В.И. Переяславский, к.ф.-м.н., доцент, и.о. зав. кафедрой математики
и естественно-научных дисциплин,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Изучаются вопросы, связанные с отображением функций алгебры логики на множество векторов, компонентами которых являются частоты единичных значений переменных для единичных значений функции. Такие векторы названы спектрами функций алгебры логики. Описываются геометрические свойства спектров. Данное исследование может быть использовано в задачах распознавания образов, когда требуется разделить два подмножества вершин многомерного единичного куба.

Функции алгебры логики, многомерный куб, разделение.

Spectra of algebra logic functions

V.I. Pereyaslavskiy, candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor, acting department chair of mathematics and natural-science disciplines,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

A conversion of algebra logic functions to a set of vectors, which components are frequencies of value one of variables, where function value equals one is studied. Such vectors are called spectra. Describes geometric properties of spectra. This study can be used in problems of pattern recognition, when you want to divide two subsets of vertices of multidimensional singular cube.

Functions of the algebra of logic, multidimensional cube division.

Пусть P_2^n – множество всех всюду определенных функций алгебры логики (булевых функций) от n переменных [1, С.9].

Пусть задана функция f из P_2^n, не равная тождественному нулю.

Спектром функции f назовем вектор $s(f) = (s_1, \dots, s_n)$, где

$$s_i = \frac{\text{число единиц } f\text{, у которых } x_i=1}{\text{число единиц } f},$$

а отображение $s(f): f \to s(f)$ назовем спектральным.

В этом работе будут рассмотрены свойства спектров и доказаны две теоремы о геометрии расположения спектров.

Перечислим некоторые простые свойства спектров:

1) $s(f) \in [0, 1]^n$ для любой $f \in P_2^n$.

2) Все вершины куба $[0,1]^n$ являются спектрами некоторых функций.

3) Если x_i – несущественная переменная функции $f(x_1, \dots, x_n)$, то

$s_i\left(f\right)=\frac{1}{2}$. Обратное, вообще говоря, неверно.

4) Если функция *f* – монотонная [1, С.36], то x_i – несущественная переменная тогда и только тогда, когда $s_i\left(f\right)=\frac{1}{2}$.

5) Функция *f* представима в виде $f\left(x_1,\ldots,x_n\right)=x_i \,\&\, g\left(x_1,\ldots,x_{i-1},x_{i+1},\ldots,x_n\right)$ тогда и только тогда, когда $s_i\left(f\right)=1$.

6) Функция *f* представила в виде $f\left(x_1,\ldots,x_n\right)=\overline{x_i} \,\&\, g\left(x_1,\ldots,x_{i-1},x_{i+1},\ldots,x_n\right)$ тогда и только тогда, когда $s_i\left(f\right)=0$.

7) Если $\left(s_1,\ldots,s_n\right)$ – спектр некоторой функции, то $\left(s_1,\ldots,s_{i-1},1-s_i,s_{i+1},\ldots,s_n\right)$ также спектр некоторой функции.

8) Если представить геометрическую интерпретацию единиц функции *f* точками куба $\left[0,1\right]^n$ с равными массами, то спектр функции *f* будет иметь смысл центра тяжести системы единиц функции *f*.

Доказательство. Свойства 1) и 8) следуют непосредственно из определения спектра. Функции вида $f=\mathop{\&}\limits_{i=1}^{n} x_i^{\sigma_i}$ имеют спектры $\left(1^{\sigma_1},\ldots,1^{\sigma_n}\right)$, что доказывает 2). Свойство 3) следует из того, что если $f\left(\alpha_1,\ldots,\alpha_i,\ldots,\alpha_n\right)=1$, то и $f\left(\alpha_1,\ldots,\overline{\alpha_i},\ldots,\alpha_n\right)=1$ Функция же $f\left(x_1,x_2\right)=x_1\overline{x_2}\vee\overline{x_1}x_2$ существенно зависит от двух переменных, но имеет спектр, равный $\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2}\right)$

Так как $f\left(\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},0,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_n\right)=1$ влечёт $f\left(\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},1,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_n\right)=1$ для монотонных функций, то $s_i\left(f\right)\geq\frac{1}{2}$, и если $s_i\left(f\right)=\frac{1}{2}$, то нет наборов $\alpha=\left(\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},0,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_n\right)$ и $\beta=\left(\alpha_1,\ldots,\alpha_{i-1},1,\alpha_{i+1},\ldots,\alpha_n\right)=1$ таких, что $f\left(\alpha\right)=0$, а $f\left(\beta\right)=1$, следовательно, x_i — несущественная переменная, и свойство 4) доказано.

Свойства 5) и 6) следуют из свойства 8). Если $f\left(x_1,\ldots,x_n\right)$ имеет спектр $\left(s_1,\ldots,s_n\right)$, то $f\left(x_1,\ldots,\overline{x_i},\ldots,x_n\right)$ имеет спектр $\left(s_1,\ldots,1-s_i,\ldots,s_n\right)$, что доказывает свойство 7).

Замечание 1. Спектральное отображение $s:P_2^n\to\left[0,1\right]^n$ при $n\geq 2$ не взаимно однозначное.

Например, функции от *n* переменных $f_1\equiv 1$ и $f_2=\overline{x_1}x_2\vee x_1\overline{x_2}$ имеют спектры

$$s(f_1)=s(f_2)=\left(\frac{1}{2},\dots,\frac{1}{2}\right).$$

Замечание 2. Все спектры монотонных функций лежат в кубе $\left[\frac{1}{2},1\right]^n$. Все вершины этого куба являются спектрами некоторых монотонных функций. Ограничение s на множество монотонных функций также не взаимно однозначное отображение.

Доказательство следует из свойств 1), 4) и 5) и того факта, что функции f_1 и f_2 от n переменных такие, что $f_2=x_1x_2\vee x_3x_4$, $f_2=x_1x_3\vee x_2x_4$ являются монотонными и имеют спектры $s(f_1)=s(f_2)=\left(\frac{5}{7},\frac{5}{7},\frac{5}{7},\frac{5}{7},\frac{5}{7},\frac{1}{2},\dots,\frac{1}{2}\right)$.

Теорема 1. О минимальном расстоянии между спектрами функций из P_2^n.

$$\min_{f,g\in P_2^n:\, s(f)\neq s(g)}\left\|s(f)-s(g)\right\|=\frac{2}{\left(2^n-2\right)\left(2^n-4\right)}=r_0(n),\quad n\geq 6.$$

Доказательство. Пусть $s(f_1)=\left(\frac{a_1}{N_1},\dots,\frac{a_n}{N_1}\right)$, $s(f_2)=\left(\frac{b_1}{N_2},\dots,\frac{b_n}{N_2}\right)$, где N_i число единиц функции f_i, $i=1,\ 2$.

Случай 1. $(N_1,\ N_2)=1$, где $(a,\ b)$ наибольший общий делитель a и b.

Тогда $\frac{a_i}{N_1}=\frac{b_i}{N_2}$, только если $\frac{a_i}{N_1}=\frac{b_i}{N_2}=0$ или $\frac{a_i}{N_1}=\frac{b_i}{N_2}=1$, т.е. если в i-м столбце таблиц E_{f_1} и E_{f_2}, строками которых являются единицы функций f_1 и f_2 соответственно, либо стоят только нули, либо только единицы. Отсюда, если k – число равных компонент векторов $s(f_1)$ и $s(f_2)$, то $N_1\leq 2^{n-k}$ и $N_2\leq 2^{n-k}$. Поскольку неравные компоненты $s(f_1)$ и $s(f_2)$ отличаются не менее чем на $\frac{1}{N_1N_2}$, то получаем, что

$$\left\|s(f_1)-s(f_2)\right\|\geq\frac{\sqrt{n-k}}{2^{n-k}\cdot 2^{n-k}}=\frac{4\sqrt[k]{n-k}}{2}\cdot\frac{\left(2^n-2\right)\left(2^n-4\right)}{2^n\cdot 2^n}r_0(n)>r_0(n).$$

при любом $k:0\leq k\leq n$ и $n\geq 6$.

Случай 2. $(N_1,\ N_2)=d\geq 3$.

В этом случае если $s_i(f_1)\neq s_i(f_2)$ то

$$\left\|s(f_1)-s(f_2)\right\|\geq\left|s(f_1)-s(f_2)\right|=$$

$$=\left|\frac{a_1}{N_1}-\frac{b_i}{N_2}\right|=\frac{1}{d}\left|\frac{a_i}{\left(\frac{N_1}{d}\right)}-\frac{b_i}{\left(\frac{N_2}{d}\right)}\right|\geq\frac{1}{d}\cdot\frac{1}{\left(\frac{N_1}{d}\right)\left(\frac{N_2}{d}\right)}=\frac{d}{N_1N_2}.$$

Отсюда $\left\|s\left(f_1\right)-s\left(f_2\right)\right\|\geq\frac{3}{2^n\cdot 2^n}>r_0\left(n\right),\ \ n\geq 5.$

Случай 3. $\left(N_1,\ N_2\right)=2$.

Если $N_1=N_2$, то $N_1=N_2=2$ и $\left\|s\left(f_1\right)-s\left(f_2\right)\right\|\geq\frac{1}{2\cdot 2}>r_0\left(n\right)$.

Пусть теперь $N_1>N_2$, где N_1 и N_2 - чётные числа. При $N_1=2^n$ имеем $s\left(f_1\right)=\left(\frac{1}{2},\ \dots,\frac{1}{2}\right)$, и если $s\left(f_1\right)\neq s\left(f_2\right)$, то $\left\|s\left(f_1\right)-s\left(f_2\right)\right\|\geq\frac{1}{2N_2}>r_0\left(n\right)$ для любой f_2 и любого $n\geq 4$. При $N_1\leq 2^n-2$ N_2 не должно превосходить 2^n-4, поэтому

$$\left\|s\left(f_1\right)-s\left(f_2\right)\right\|\geq\frac{d}{N_1N_2}\geq\frac{2}{\left(2^n-2\right)\cdot\left(2^n-4\right)}=r_0\left(n\right).$$

Объединяя результаты всех трех случаев, получаем, что если $s_i\left(f_1\right)\neq s_i\left(f_2\right)$, то $\left\|s\left(f_1\right)-s\left(f_2\right)\right\|\geq r_0\left(n\right),\ n\geq 6.$

Для функций

$$g_1\left(x_1,\ \dots,\ x_n\right)=\begin{cases}0,\ \text{на наборах}\ \left(1,\dots,1\right)\ \text{и}\ \left(0,\dots,0,1\right);\\ 1\ \text{в остальных случаях}\end{cases}$$

и

$$g_2\left(x_1,\ \dots,\ x_n\right)=\begin{cases}0,\ \text{на наборах}\ \left(1,\dots,1\right),\ \left(0,\dots,0,1\right),\\ \qquad\qquad\left(0,1,\dots,1\right)\ \text{и}\ \left(1,0,\dots,0\right);\\ 1\ \text{в остальных случаях}\end{cases}$$

получаем

$$s\left(g_1\right)=\left(\frac{1}{2},\dots,\frac{1}{2},\frac{2^{n-1}-2}{2^n-2}\right),\quad s\left(g_2\right)=\left(\frac{1}{2},\dots,\frac{1}{2},\frac{2^{n-1}-3}{2^n-4}\right)$$

Откуда

$$\left\|s\left(g_1\right)-s\left(g_2\right)\right\|=\left|\frac{2^{n-2}-2}{2^n-2}-\frac{2^{n-1}-3}{2^n-4}\right|=\frac{2}{\left(2^n-2\right)\left(2^n-4\right)}=r_0\left(n\right).$$

Теорема 1 доказана.

Можно показать, что при $n = 2, 3, 4, 5$ минимальные расстояния равны соответственно $\frac{\sqrt{2}}{6}$, $\frac{\sqrt{3}}{35}$, $\frac{2}{195}$ и $\frac{1}{420} = r_0(5)$.

Рассмотрим вопрос о максимально возможном расстоянии между спектром и множеством всех остальных спектров.

Лемма 1. Ближайшим к спектру $(1, \dots, 1)$ является спектр $\left(\frac{n}{n+1}, \dots, \frac{n}{n+1}\right)$ находящийся на расстоянии $\frac{\sqrt{n}}{n+1}$.

Доказательство. Рассмотрим функцию f^* с таблицей единиц E_{f^*} (рис.1).

$$E_{f^*} = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \dots & \dots & 1 \\ 0 & 1 & \dots & \dots & 1 \\ 1 & 0 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 1 – Таблица единиц функции f^*

Тогда $s(f^*) = \left(\frac{n}{n+1}, \dots, \frac{n}{n+1}\right)$, $\left\|(1, \dots, 1) - s(f^*)\right\| \geq \frac{\sqrt{n}}{n+1}$.

Для доказательства леммы 1 достаточно показать, что для любой $g \in P_2^n$, если

$$s(g) \neq (1, \dots, 1), \text{ то } \left\|(1, \dots, 1) - s(g)\right\| \geq \frac{\sqrt{n}}{n+1}.$$

Докажем это утверждение индукцией по n.

Для $n = 1$ выполнение неравенства легко проверяется. Пусть теперь $g \in P_2^n$.

Случай 1. В таблице E_g есть столбец единиц. Вычеркнув этот столбец, получим таблицу единиц некоторой функции $g_1 \in P_2^n$, причем

$$\left\|\left(\underbrace{1, \dots, 1}_{n}\right) - s(g)\right\| = \left\|\left(\underbrace{1, \dots, 1}_{n-1}\right) - s(g_1)\right\|.$$

Но по предположению индукции $\left\|\left(\underbrace{1, \dots, 1}_{n-1}\right) - s(g_1)\right\| \geq \frac{\sqrt{n-1}}{n}$, откуда

$$\left\| \left(\underbrace{1, \dots, 1}_{n} \right) - s(g) \right\| \geq \frac{\sqrt{n-1}}{n} > \frac{\sqrt{n}}{n+1}$$

Случай 2. В таблице E_g в любом столбце есть нуль, а число строк E_g не большем чем $n + 1$.

В этом случае если $s(g) = (s_1, \dots, s_n)$, то $s_i \leq \frac{n}{n+1}$ для любого i, откуда

$$\|(1, \dots, 1) - s(g)\| = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (1 - s_i)^2} \geq \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{n+1} \right)} = \frac{\sqrt{n}}{n+1}.$$

Случай 3. В таблице E_g в любом столбце есть нуль, а число строк m таблицы E_g больше чем $n + 1$.

Обозначим через k_i число нулей в i-м столбце E_g, тогда $\sum_{i=1}^{n} k_i \geq m - 1$, так как в таблице E_g все строки содержат нули, за исключением быть может, одной строки. Спектр $s(g) = \left(1 - \frac{k_1}{m}, \dots, 1 - \frac{k_n}{m} \right)$, а так как $\sum_{i=1}^{n} k_i^2 \geq \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{n} k_i \right)^2 \geq \frac{(m-1)^2}{n}$, то

$$\|(1, \dots, 1) - s(g)\| = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} k_i^2}}{m} \geq \frac{m-1}{m} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{n}}{n+1}.$$

Этим и завершается доказательство леммы 1.

Лемма 2. Для любого спектра из $[0, 1]^n$ найдется спектр на расстоянии не большем чем $\frac{\sqrt{n}}{n+1}$.

Доказательство. Рассмотрим спектр $s(f) = (s_1, \dots, s_n)$ некоторой функции f .В силу свойства 7 достаточно доказать лемму для спектра $(s_1, \dots, s_n)$ у которого $s_i \geq \frac{1}{2}$ для любого i.

Рассмотрим квадратную таблицу A_n такого вида: на диагонали стоят нули, выше и ниже диагонали располагаются в шахматном порядке единицы и пустые клетки, причем для любых двух элементов a_{ij} и a_{ji},. $i \neq j$, таблицы один из них – единица, а другой – пустая клетка. Такую таблицу можно построить для любого n. Для иллюстрации приведена таблица A_6 (рис.2).

$$A_6 = \begin{pmatrix} 0 & \cdot & 1 & \cdot & 1 & \cdot \\ 1 & 0 & \cdot & 1 & \cdot & 1 \\ \cdot & 1 & 0 & \cdot & 1 & \cdot \\ 1 & \cdot & 1 & 0 & \cdot & 1 \\ \cdot & 1 & \cdot & 1 & 0 & \cdot \\ 1 & \cdot & 1 & \cdot & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2 – Квадратная таблица A_6 специального вида

Докажем, что при любом заполнении нулями и единицами пустых клеток в таблице A_n не будет одинаковых строк. Действительно, i -я и j-я строки будут различаться в i -м или j -м столбце, так как $a_{ii} = a_{jj} = 0,$ а один из элементов a_{ij} или a_{ji} равен единице по построению.

Добавив к A_n единичную строку, получаем таблицу B_n, у которой также при любом заполнении пустых клеток все строки различны. Заполняя пустые клетки таблицы B_n, можно число нулей в каждом столбце сделать произвольным числом от единицы до $\left[\frac{n+1}{n}\right]$. Поскольку любое $s_i \geq \frac{1}{2}$ приближается числом вида $\left(1-\frac{k_i}{n+1}\right)^2$ с точностью $\frac{1}{1+n}$, где k_i – целое число такое, что $1 \leq k_i \leq \left[\frac{n+1}{n}\right],\ 1 \leq i \leq n,$ то при заполнении B_n, при котором в i-м столбце B_n будет k_i нулей, получим таблицу единиц некоторой функции g, причем

$$\left\| s(f) - s(g) \right\| \leq \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(s_i - \left(1 - \frac{k_i}{n+1}\right)\right)^2} \leq \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{n+1}\right)^2} = \frac{\sqrt{n}}{n+1}.$$

Если $s(g) \neq s(f)$, то лемма доказана.

Пусть $s(g) = s(f)$. Заполним одну произвольную пустую клетку иначе, чем в предыдущем заполнении таблицы B_n, сохранив такими же заполнения всех других пустых клеток. Получим таблицу единиц функции g_1 такой, что $\left\| s(f) - s(g) \right\| = \frac{1}{n+1} < \frac{\sqrt{n}}{n+1}.$

Теорема 2. О максимальном расстоянии от спектра до множества всех остальных спектров.

Спектрами, наиболее удаленными от множества всех других спектров, являются вершины куба $[0, 1]^n$, причем ближайший к вершине спектр находится на расстоянии $\frac{\sqrt{n}}{n+1}.$

Доказательство. Теорема 5 является простым следствием леммы 1, леммы 2 и свойства 7.

Следствие. ε-сеть, состоящая из шаров радиуса $\frac{\sqrt{n}}{n+1}$ с центрами во всевозможных спектрах функций из P_2^n, покрывает весь куб $[0, 1]^n$.

Доказательство. При доказательстве леммы 2 не использовался тот факт, что $(s_1, \dots, s_n)$ – спектр некоторой функции, значит, для любой точки $(\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in [0, 1]^n$ по лемме можно найти спектр некоторой функции на расстоянии, не большем чем $\frac{\sqrt{n}}{n+1}$.

Литература

1. Яблонский, С. В. Введение в дискретную математику [Текст] / С. В. Яблонский // М.: Наука. – 1986. – 384 с.

УДК 534.1

Анализ асимптотически затухающих колебаний мобильной машины с нелинейными характеристиками

Ю.В. Перчаткин, к.т.н., доцент,
А.А. Соколов, к.ф-м.н., доцент,
Орский гуманитарно-технологический институт, филиал ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», (ОГТИ, г. Орск),
А.В. Сериков, аспирант,
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», (ОГУ, г. Оренбург),
К.В. Щурин, д.т.н., профессор,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Рассмотрены возможности применения метода Вентцеля – Крамерса – Бриллюэна к расчетным исследованиям нестационарных колебательных процессов мобильных машин. Предложен новый подход к применению данного метода, заключающийся в представлении решения дифференциального уравнения колебательной системы с переменными параметрами в виде сходящихся рядов. Определены условия применения данного подхода исходя из необходимой точности решения.

ВКБ-метод, колебательная система, переменные параметры, сходимость, оценка решения.

Analysis of damped vibration asymptotically mobile machines with non-linear characteristics

Y.V. Perchatkin, Ph.d., Associate Professor,
A.A. Sokolov, Ph.d., Associate Professor,
Orsk humanitarian and technological Institute, a branch of the
RUSSIAN SEI HPE «the Orenburg State University», (OGTI, Orsk),
A.V. Serikov, graduate student,
RUSSIAN SEI HPE «the Orenburg State University», (OSU, Orenburg),
K.V. Schurin, doctor of technical sciences, Professor,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The possibilities of application of the Ventsel- Kramers-Brillouin to calculation research of non-stationary oscillation processes of mobile machines. A new approach to the application of this method, which consists in providing solutions to the differential equation of vibrational systems with variable parameters in the form of a converging series. Defines the conditions for the application of this approach based on the necessary accuracy of the solution.

VKB-method, oscillatory system variables, convergence, assessment decisions.

Многие вычислительные задачи исследований колебаний мобильных машин (ММ), их элементов и перевозимых грузов сводятся к разработке алгоритмов и программ, для которых начальными условиями являются только реальные динамические характеристики объектов и модель условий их эксплуатации, и к этим начальным параметрам приводятся расчетные схемы объектов.

В то же время имеется широкий класс задач исследований, для которых случайные процессы колебаний обладают существенной нелинейностью и не являются стационарными и эргодическими. Отдельные фрагменты эксплуатации ММ характеризуются наложением на случайные процессы условно установившихся вынужденных колебаний разовых участков асимптотически затухающих колебаний, например, в ситуациях соударения упругих тел [1]. Другими примерами таких задач является исследование колебаний ММ с подвеской, обладающей нелинейной характеристикой (с переменным коэффициентом сопротивления), а так же при учете нелинейных жесткостей несущих систем, например, изгибной или крутильной жесткости рам и кузовов. В ряде экспертных проблем возникает необходимость решения обратной задачи: определения причины по известному следствию, то есть задачи моделирования (условного восстановления) исходной ситуации [2], содержащей асимптотику.

Многие подобные задачи сводятся к решению дифференциальных уравнений с переменными параметрами.

Уравнение колебательной системы с переменными параметрами имеет вид

$$\frac{d^2q(t)}{dt^2} + 2\lambda(t)\frac{dq(t)}{dt} + w_0^2(t)\, q(t) = 0;\ q(0) = q_0;\quad \left(\frac{dq}{dt}\right)_0 = \dot{q}_0\,, \qquad (1)$$

где $q(t)$ – обобщенная координата (перемещение);

$\lambda(t)$ и $w_0(t)$ – функции времени, определяемые переменным коэффициентом сопротивления и другими переменными параметрами системы.

Существует несколько подходов [3] к решению дифференциальных уравнений вида (1). Одним из них является ВКБ-метод (метод Вентцеля – Крамерса - Бриллюэна) [4-6]. Данный метод заключается в представлении решения в виде асимптотических рядов, сходящихся при определенных значениях аргумента (ВКБ-приближение). Изначально этот метод использовался для построения приближенных решений волнового уравнения Шрёдингера в квантовой механике и был разработан в 1926 г. Л. Бриллюэном (L. Brillouin), Г. Вентцелем (G. Wentzel) и Х. Крамерсом (H. Kramers), а также Х. Джеффрисом (H. Jeffreys). В настоящее время ВКБ-метод находит все более широкое применение для решения прикладных задач классической механики в сфере статистической динамики.

Представленный в статье модернизированный ВКБ-метод заключается в представлении решения в виде абсолютно и равномерно сходящихся рядов. Рассмотрим возможность применения для общего случая решения уравнения колебательной системы с переменными параметрами.

Для решения уравнения (1) введем новую переменную $S(t)$, зависящую от t, а функцию $q(t)$ представим в виде

$$q(t) = a_1(t)e^{iS} + a_2(t)e^{-iS}, \qquad (2)$$

где $a_1(t)$ и $a_2(t)$ – неизвестные функции, подлежащие определению.

Преобразуем уравнение (1) в систему двух дифференциальных уравнений первого порядка относительно неизвестных функций $a_1(t)$ и $a_2(t)$, наложив на них следующие два условия:

$$\frac{dq}{dt} = i\dot{S}[a_1(t)e^{iS} - a_2(t)e^{-iS}] \qquad (3.1)$$

$$\frac{da_1}{dt}e^{iS} + \frac{da_2}{dt}e^{-iS} = 0, \qquad (3.2),$$

где $\dot{S} = \frac{dS}{dt}$

При этом указанная система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{da_1}{dt} = -\frac{1}{2iS}\left\{\left[i\ddot{S} - \left(\dot{S}\right)^2 + 2i\lambda\dot{S} + w_0^2\right]a_1(t) - \right. \\ \qquad \left. - \left[i\ddot{S} - \left(\dot{S}\right)^2 + 2i\lambda\dot{S} - w_0^2\right]a_2(t)e^{-2iS}\right\} \\ \frac{da_2}{dt} = \frac{1}{2iS}\left\{\left[i\ddot{S} - \left(\dot{S}\right)^2 + 2i\lambda\dot{S} + w_0^2\right]a_1(t)e^{2iS} - \right. \\ \qquad \left. - \left[i\ddot{S} - \left(\dot{S}\right)^2 + 2i\lambda\dot{S} - w_0^2\right]a_2(t)\right\} \end{cases} \qquad (4)$$

Уравнения (4) можно упростить, если положить

$$\dot{S} = w_0(t)_0 \qquad (5)$$

При этом

$$S(t) = \int_0^t w_0(t)dt; \qquad S(0) = 0 \qquad (6)$$

В результате система уравнений (4) принимает вид:

$$\frac{da_1}{dt} = -\frac{\varepsilon(t)}{2}[a_1(t) - e^{-2iS}a_2(t)]$$
$$(7)$$
$$\frac{da_2}{dt} = -\frac{\varepsilon(t)}{2}[e^{2iS}a_1(t) - a_2(t)],$$

где $\varepsilon(t) = \frac{\ddot{S}}{\dot{S}} + 2\lambda(t) = \frac{\dot{w}_0}{w_0} + 2\lambda(t)$ (8)

От системы дифференциальных уравнений (7) удобно перейти к равносильному интегральному уравнению

$$\hat{a}(t) = \hat{a}(0) + \int_0^t \widehat{M}(t)\hat{a}(t)dt, \qquad (9)$$

где

$$\hat{a}(t) = \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \end{bmatrix};$$

$$\widehat{M}(t) = -\frac{\varepsilon(t)}{2}\begin{bmatrix} 1 & -e^{2iS} \\ -e^{2iS} & 1 \end{bmatrix} \qquad (10)$$

Матрица $\widehat{M}(t)$ обладает следующими свойствами:

$$det\,\widehat{M}(t) = 0; \quad Sp\widehat{M}(t) = -\,\varepsilon(t) \tag{11}$$

Решение интегрального уравнения (9), полученного методом итерации, можно представить в виде

$$\hat{a}(t) = \hat{F}(t,0)\hat{a}\,(0), \tag{12}$$

где

$$\hat{F}(t,0) = \hat{E} + \int_0^t \widehat{M}\,(t_1)dt_1 + \int_0^t \widehat{M}\,(t_1)dt_1 \int_0^{t_1} \widehat{M}\,(t_2)dt_2 + \tag{13}$$

и $\hat{E}$ – единичная матрица.

Формулы (12) и (13) дают общее решение системы дифференциальных уравнений (7), следовательно, и точную формулу для общего решения исходного уравнения (1).

Произведение матриц $\widehat{M}(t_1)\widehat{M}(t_2)...\widehat{M}(t_n)$, определяемых выражением (10), может быть сравнительно просто факторизовано [2]:

$$\widehat{M}(t_1)\widehat{M}(t_2)\widehat{M}(t_3)...\widehat{M}(t_n) = \frac{(-1)^n}{2^n}\varepsilon(t_1)\varepsilon(t_2)\varepsilon(t_3)\,...\,\varepsilon(t_n) \times$$

$$\times\left[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}\right]\left[1 + e^{-2i(S_2-S_3)}\right]...\left[1 + e^{-2i(S_{n-1}-S_n)}\right] \times \tag{14}$$

$$\times\begin{pmatrix} 1 & -e^{-2iS_n} \\ -e^{2iS_1} & e^{2i(S_1-S_n)} \end{pmatrix}$$

Это позволяет найти для элементов $\hat{F}$-матрицы явные выражения в виде сравнительно простых рядов. Подставляя (14) в (13), получаем:

$$F_{11}(t,0) = 1 - \frac{1}{2}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 + \frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \times$$
$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\left[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}\right]dt_2 - \frac{1}{2^3}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\left[1 + +e^{-2i(S_1-S_2)}\right]dt_2 \times$$
$$\times \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)[1 + e^{-2i(S_2-S_3)}]dt_3 + \cdots \tag{15.1}$$

$$F_{12}(t,0) = \frac{1}{2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 - \frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \times$$
$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\,[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}]\,e^{-2iS_2}\,dt_2 +$$
$$+\frac{1}{2^3}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\left[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}\right]dt_2 \times \tag{15.2}$$
$$\times \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)\,[1 + e^{-2i(S_2-S_3)}] \times \times\, e^{-2iS_3}\,dt_3\,...$$

$$F_{21}(t,0) = \frac{1}{2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 - \frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 \times$$
$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\,[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}]\,dt_2 +$$

$$+\frac{1}{2^3}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\left[1 + e^{-2i(S_1-S_2)}\right]dt_2 \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)\,[1 + e^{-2i(S_2-S_3)}]\,dt_3 + \cdots \tag{15.3}$$

$$F_{22}(t,0) = 1 - \frac{1}{2}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 + \frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \times \tag{15.4}$$

$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\,[1+e^{-2i(S_1-S_2)}]e^{2i(S_1-S_2)}\,dt_2 -$$
$$-\frac{1}{2^3}\int_0^t \varepsilon(t_1)dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)\left[1+e^{-2i(S_1-S_2)}\right]dt_2 \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3) \times$$
$$\times [1+e^{-2i(S_2-S_3)}]e^{2i(S_1-S_2)}dt_3 + \cdots$$

Далее, воспользовавшись свойствами повторных интегралов и явным выражением для $\varepsilon(t)$ в виде (8), перепишем ряды (15.1 - 15.4) в виде

$$F_{11}(t,0) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\; e^{-\int_0^t \lambda dt}\,[1+\frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 \times$$
$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{2iS_2}\,dt_2 + \frac{1}{2^4}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{2iS_2}\,dt_2 \times$$
$$\times \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)e^{-2iS_3}\,dt_3 \int_0^{t_3} \varepsilon(t_4)e^{2iS_4}\,dt_4 + \cdots] \tag{16.1}$$

$$F_{12}(t,0) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\; e^{-\int_0^t \lambda dt}\,[\frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 + \frac{1}{2^3}\times$$
$$\times \int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{2iS_2}\,dt_2 \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)e^{-2iS_3}\,dt_3 + \ldots] \tag{16.2}$$

$$F_{21}(t,0) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\; e^{-\int_0^t \lambda dt}\,[\frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 +$$
$$+\frac{1}{2^3}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{-2iS_2}\,dt_2 \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)e^{2iS_3}\,dt_3 + \ldots] \tag{16.3}$$

$$F_{22}(t,0) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\; e^{-\int_0^t \lambda dt}\,[1+\frac{1}{2^2}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 \times$$
$$\times \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{-2iS_2}\,dt_2 + \frac{1}{2^4}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{-2iS_2}\,dt_2 \times$$
$$\times \int_0^{t_2} \varepsilon(t_3)e^{2iS_3}\,dt_3 \int_0^{t_3} \varepsilon(t_4)e^{-2iS_4}\,dt_4 + \ldots] \tag{16.4}$$

Докажем абсолютную и равномерную сходимость, а также получим основные оценки $\hat{F}$-матрицы (16.1-16.4), а, значит, и решения (2), что значительно повышает его ценность.

Введем величину μ, определяемую формулой

$$\mu = \frac{1}{2}\int_0^t |\varepsilon(t)dt|. \tag{17}$$

Параметры колебательной системы *w(t)* действительны, в силу формулы (6) величина *S(t)* также действительна, поэтому $\left|e^{\pm iS}\right| = 1$. Тогда оценка по модулю общего члена ряда (16.1) имеет вид

$$|\frac{1}{2^{2n}}\int_0^t \varepsilon(t_1)e^{-2iS_1}\,dt_1 \int_0^{t_1} \varepsilon(t_2)e^{2iS_2}\,dt_2 \ldots \times$$
$$\times \int_0^{t_{2n-2}} \varepsilon(t_{2n-1})e^{-2iS_{2n-1}}\,dt_{2n-1} \int_0^{t_{2n-1}} \varepsilon(t_{2n-1})e^{-2iS_{2n-1}}\,dt_{2n}| \le$$
$$\le \frac{(\mu)^{2n}}{(2n)!} \tag{18}$$

Используя приведенную оценку общего члена ряда (16.1), получаем

$$|F_{11}(t,0)| \le \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\, e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} ch(\mu), \tag{19.1}$$

а из формул (16.1 - 16.4) аналогично получаем

$$|F_{12}(t,0)| \le \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\, e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} sh(\mu) \tag{19.2}$$

$$|F_{21}(t,0)| \le \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\, e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} sh(\mu) \tag{19.3}$$

$$|F_{22}(t,0)| \le \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\, e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} ch(\mu) \tag{19.4}$$

Общее решение уравнения (1), определяемое выражением (2), с учетом (12) имеет вид

$$q(t) = [F_{11}(t,0)a_1(0) + F_{12}(t,0)a_2(0)]e^{iS} + \\ +[F_{21}(t,0)a_1(0) + F_{22}(t,0)a_2(0)]e^{-iS}, \tag{20}$$

где $a_1(0)$ и $a_2(0)$ находятся из начальных условий с учетом выражения (3.2) и равны

$$a_1(0) = \frac{a_0}{2} - i\frac{\dot{g}_0}{2\dot{S}_0}; \quad a_1(0) = \frac{a_0}{2} + i\frac{\dot{g}_0}{2\dot{S}_0}, \tag{21}$$

где $\dot{S}_0 = \left(\frac{dS}{dt}\right)_0 = w_0(0)$,

или

$$q(t) = \frac{A}{2}\{[F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha}]\, e^{-iS} + \\ + [F_{21}(t,0)e^{i\alpha} + F_{22}(t,0)e^{-i\alpha}]\, e^{-iS}\}, \tag{22}$$

где $$A = \sqrt{q_0^2 - \frac{\dot{q}_0^2}{\dot{S}_0}}, \quad \alpha = -\, arctg\, \frac{\dot{q}_0}{q_0\dot{S}_0} \tag{23}$$

Окончательно общее решение имеет вид

$$q(t) = \frac{AB}{4}\left[e^{i(S+\beta)} + e^{-i(S+\beta)}\right] = \frac{AB}{2} cos(S+\beta), \tag{24}$$

где

$$\frac{A}{2} = \left|(F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha})e^{iS}\right| =$$
$$= \left|(F_{21}(t,0)e^{i\alpha} + F_{22}(t,0)e^{-i\alpha})e^{-iS}\right|, \quad (25)$$

$$\beta = arctg\frac{Im[F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha}]}{Re[F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha}]} =$$
$$= -\,arctg\frac{Im[F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha}]}{Re[F_{11}(t,0)e^{i\alpha} + F_{12}(t,0)e^{-i\alpha}]} \quad (26)$$

Свойства равенств (25) и (26) вытекают из формул (16.1-16.4).

Определим условия применимости данного метода.

Решение (2) уравнения (1), получаемое подстановкой коэффициентов $a_{1,2}(t)$, которые определяются с помощью формулы (12) через элементы $\hat{F}$-матрицы (16.1-16.4), является точным и справедливо для любого момента времени t, если $\lambda(t)$ и $w_0(t)$ – однозначные интегрируемые функции времени. В частности, при $t = 0$ $q(0) = a_1(0) + a_2(0)$.

Точное вычисление элементов $\hat{F}$-матрицы является очень сложной задачей, поэтому в целях практического применения нужно ограничиваться вычислением первых интегральных членов ряда (16.1-16.4). Условия, при которых эти первые члены дают необходимую точность, и будут являться условиями применимости метода.

Действительно, используя оценку (18) общего члена рядов (16.1-16.4), нетрудно убедиться, что поставленные выше требования выполняются, если положить μ-интеграл (17) малым по сравнению с 1:

$$\mu = \frac{1}{2}\int_0^t |\varepsilon(t)dt| \ll 1, \quad (27)$$

что эквивалентно условию

$$\frac{1}{2}\left|\frac{\dot{w}_0}{w} + 2\lambda\right| t \ll 1. \quad (28)$$

Решение (20) в нулевом приближении в промежуток времени

$$t \ll \frac{1}{\left|\frac{\dot{w}_0}{2w} + \lambda\right|} \quad (29)$$

можно считать удовлетворительным и равным

$$q(t) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\,e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}\,[a_1(0)e^{iS} + a_2(0)e^{iS}], \quad (30)$$

где, согласно (19.1-19.4),

$$F_{11}(t,0) = F_{22}(t,0) = \sqrt{\frac{w_0(0)}{w_0(t)}}\,e^{-\int_0^t \lambda(t)dt};$$

$$F_{12}(t,0) = F_{21}(t,0) = 0$$

При $S = \int_0^t w_0(t)dt \gg 2\pi$ имеем периодическое движение, при $S < 2\pi$ – апериодическое.

Отметим так же, что амплитуда в (30) зависит от $w_0(t)$, являющейся частотой в задачах с постоянными параметрами.

Предложенный метод решения уравнения колебательной системы с переменными параметрами существенно сокращает трудоемкость вычислений по сравнению с общепринятыми методами численного интегрирования, что особенно важно при исследовании режимов движения ММ. На основании [4-6] и материалов данной статьи с использованием методик и алгоритмов [3, 7] нами разработана программа для ЭВМ [8]. Учитывая, что главный член асимптотики выражается через функцию Бесселя, разработана программа [9] для его вычисления. Программы [8, 9] реализуют предложенный нами метод в длинной арифметике с переменными параметрами и позволяют получать решения на стандартных ПК с максимальной скоростью и неограниченной точностью.

Литература

1. Щурин, К. В. Соударение твёрдых тел через пневмооболочку [Текст] / К. В. Щурин, Н. А. Морозов, Ю. Л. Власов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – № 3. – 2013. – С. 4-7.
2. Щурин, К. В. Восстановление исходного сигнала формированием ортогонализирующих полиномов [Текст] / К. В. Щурин, В. Д. Шевеленко, В. А. Лукоянов // Законодательная и прикладная метрология. – № 3. – 2012. – С. 31-34.
3. Фурунжиев, Р. Н. Автоматизированное проектирование колебательных систем [Текст] / Р. Н. Фурунжиев // Мн.: «Вышэйшая школа». – 1977. – 452 с.
4. Фрёман, Н. ВКБ - приближение: Пер. с англ. [Текст] / Н. Фрёман, П. У. Фрёман // М.: «Мир». – 1967. – 168 с.
5. Федорюк, М. В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений [Текст] / М. В. Федорюк // М: Наука. – 1983. – 354 с.
6. Маслов, В. П. Комплексный метод ВКБ в нелинейных уравнениях [Текст] / В. П. Маслов // М.: Наука. – 1977. – 584 с.
7. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков // М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2003. – 632 с.
8. Чепасов, В. И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014612268. Программа по решению уравнения колебательной системы с переменными параметрами в обычной и длинной арифметике [Текст] / В. И. Чепасов, К. В. Щурин, Ю. В. Перчаткин, А. А. Соколов // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21 февраля 2014 г.
9. Чепасов, В. И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610740. Программа по вычислению функции Бесселя первого рода целого порядка в длинной арифметике на многопроцессорном комплексе с разделением памяти [Текст] / В. И. Чепасов, К. В. Щурин, В. Д. Шевеленко // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.

УДК 378.1

Оценка степени реализации компетентностного подхода в образовательной деятельности

В.Н. Строителев, д.т.н., профессор,
Е.А. Жидкова, ст. преподаватель,
Л.П. Шумская, доцент,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

В системе высшего образования России в последние годы происходят заметные изменения, идет непрерывный поиск новых форм и методов обеспечения качества высшего образования и обучения студентов. Внедряется статус «портфель компетенций», которым должен овладеть и в дальнейшем применять в практической деятельности выпускник вуза. Компетентностный подход обучения становится основным и главным принципом обучения бакалавров и магистров.

Современный работодатель заинтересован в том, чтобы дипломированный специалист имел не только и не столько знания, а мог бы самостоятельно формулировать и уметь решать задачи по управлению бизнес – процессами организации, в которых он трудится.

Процесс, модель, качество, инновации.

Assessment of extent of realization of competence-based approach in educational activity

V.N. Stroitelev, Doctor of Engineering Science,professor,
E.A. Zhidkova, lecturer,
L.P. Shumskaya, Associate Professor,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

In system of the higher education of Russia there are noticeable changes in recent years, there is a continuous search of new forms and methods of ensuring quality of the higher education and training of students. The status «a portfolio of competences» which has to seize takes root and further apply in practical activities the university graduate. Competence-based approach of training becomes the basic and main principle of training of bachelors and masters.

The modern employer is interested in that the certified specialist had not only and not so much knowledge, and business – processes of the organization in which he works could independently formulate and be able to solve problems of management.

Process, model, quality, innovations.

Комплексной оценкой степени успеваемости студента вуза является средний балл, получаемый им по результатам зачетной и экзаменационной сессий. При этом в РФ принята 4-х балльная система оценок. Однако многофакторность качества образования, особенность и многообразие современных требований к системе образования, обусловленные новыми требованиями к выпускникам высших учебных заведений, все чаще побуждают образовательную общественность расширять диапазон

балльных оценок, который объединял бы как единое целое различные стороны общественной и профессиональной деятельности будущего специалиста. Оценка, прежде всего, должна отражать не только уровень знаний, но и достигнутый студентом уровень общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных и специальных компетенций. Многие вузы, откликнувшись на требования сегодняшнего времени, ввели или вводят в практику образовательной деятельности балльно-рейтинговую систему оценок, которая предписывает преподавателю учитывать в виде балльной оценки качество выполнения студентами различных видов образовательной деятельности [2].

В системе высшего образования разработано и внедрено множество различных методик балльно-рейтингового подхода к оценке качества усвоения студентами изучаемого материала. Однако как бы хороши они не были, основной их недостаток – они не гарантируют достоверность достигаемых результатов. Балльная оценка студента слабо коррелирована с достигнутым им уровнем компетенций [1]. Выставляемая итоговая сумма баллов случайна, а ее возможные границы не определены. А если результаты процесса нельзя измерить или диапазон его выходных значений не определен, то таким процессом нельзя эффективно управлять. И что самое главное, большинство применяемых методик лишают преподавателя пользоваться привычной, отработанной многими годами, 4-х балльной системой оценок. Различным видам учебной работы предписываются неравные шкалы измерений, разные диапазоны возможных оценок. Многие шкалы оценок имеют диапазоны в 10 или в 100 баллов. Научно же доказано, что большинство людей (даже специалистов в своей области) способно четко различать только 7±2 градации качества исследуемого процесса (либо продукции). Конечно, можно, наверное, разумно применять и 100 балльную систему оценок, но в этом случае за высший балл для «идеального» процесса должна приниматься оценка «100», а наряду с этим обязательно должны перечисляться недостатки, за которые снижаются баллы, и указывается количество штрафных баллов за каждый недостаток.

В целом, искусственно вводить и применять для оценки эффективности и качества различных сторон и характеристик одного и того же процесса произвольные и не совместимые между собой наборы безразмерных измерительных шкал не целесообразно, т.к. это ведет к путанице и неоднозначности конечных результатов. В результате итоговая оценка не обладает свойством единства измерений и не отражает реальное качество оцениваемого процесса.

С целью устранения отмеченных недостатков сотрудниками кафедры УКС ФТА разработана и апробирована балльно-рейтинговая методика оценки успеваемости студентов, ориентированная как на уровень их знаний, так на освоение ими общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных и специальных компетенций. В методике принято, что все виды образовательной деятельности оцениваются по одной и той же безразмерной 4-х балльной шкале. Как и прежде, наивысшим показателем качества уровня освоения студентом образовательной дисциплины или ее составляющих выступает число 5(«отлично»). Наряду с этим, итоговая оценка по изучаемой дисциплине является комплексной, системной, ее результат отражает степень освоения студентом тех сторон и вдов образовательной деятельности, которые актуальны для анализируемого учебного периода и являются важнейшими для данной образовательной организации.

В зависимости от особенностей организации образовательного процесса и требований, предъявляемых к его результату, методика в своей основе базируется на предварительной экспертной оценке значимости факторов, характеризующих качество образования, и может выполняться тремя независимыми методами.

1. Метод балльно-рейтинговой оценки качества образовательного процесса на основе реализации Учебно-методического управления вуза.

Учебно-методическое управление вуза перед началом учебного года перечисляет, уточняет и ранжирует перечень важнейших сторон и вдов образовательной подготовки студентов на предстоящий период. При этом каждому ранжируемому виду учебной нагрузки заранее устанавливают постоянный показатель значимости (важности). Один из вариантов набора видов учебной нагрузки с установленными для них коэффициентами значимости приведен в таблице 1.

Основным и главным условием балльно-рейтинговой оценки является тот очевидный факт, что при любом перечислении образовательной подготовки студента важнейшей составляющей, характеризующей качество его учебы, является экзаменационная оценка. Достигнутые результаты по всем другим видам образовательной деятельности не могут изменить экзаменационную оценку более чем на один балл. Точно так же, любые значения низших по рангу показателей образовательного процесса не могут изменить оценку высшего по рангу процесса более чем на один балл. Учитывая введенные допущения о степени влияния низшего по рангу вида образовательной подготовки на высший по рангу вид, а также опираясь на принятую 4-х балльную шкалу оценок, можно установить, что между показателями значимости смежных рангов можно установить следующее соотношение:

$$\frac{\alpha_n}{\alpha_{n-1}} = \ldots = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 5. \qquad (1)$$

Таблица 1 – Виды учебной нагрузки и их коэффициенты значимости

Виды учебной нагрузки	**Коэффициенты значимости и рекомендуемые для них числовые величины (по возрастанию)**	
Посещение занятий	α_1	$\alpha_1 = 0{,}2$
Активность на семинарах	$\alpha 2$	$\alpha 2 = \alpha 3 = \alpha 4 = \alpha 5$ $\alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4 + \alpha 5 = 5\alpha 1 = 1$ $\alpha 2 = \alpha 3 = \alpha 4 = \alpha 5 = 0{,}25$
Выполнение домашних заданий	$\alpha 3$	
Контрольные работы	$\alpha 4$	
Промежуточное тестирование	$\alpha 5$	
Лабораторные работы	$\alpha 6$	$\alpha 6 = 5(\alpha 2+\alpha 3+\alpha 4+\alpha 5) = 5$
Курсовая работа	$\alpha 7$	$\alpha 7 = 5\alpha 6 = 25$
Экзамен	$\alpha 8$	$\alpha 8 = 5\alpha 7 = 125$

Данные таблицы 1 иллюстрируют тот факт, что если какие-либо виды образовательной подготовки студента равноценны по степени их влияния на уровень освоения изучаемой дисциплины, то этим видам подготовки назначаются равные коэффициенты значимости.

В итоге, по каждой изучаемой дисциплине итоговая балльная оценка (Y_Σ) представляет собой взвешенную сумму баллов, набранных студентом, по каждому из ранжируемых видов образовательной подготовки:

$$Y_\Sigma = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \ldots + \alpha_n X_n, \qquad (2)$$

где $X_1, X_2, \ldots, X_n$ – оценки (в диапазоне от двух до пяти), выставляемые студенту за каждый из n видов образовательной подготовки;

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ – коэффициенты значимости того или иного ранжированного вида

учебной нагрузки.

По результатам суммарной (итоговой) балльной оценки, вычисленной по формуле (2), студенту выставляется «учебная» оценка: «5», «4», «3» или «2».

Исходя из принятых допущений, оценка «отлично» может быть выставлена при выполнении одного из 2-х условий:

$$\left.\begin{array}{ll} \boldsymbol{Y_\Sigma > 5\alpha_n}; & (3) \\ \boldsymbol{Y_\Sigma = 5(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \ldots + \alpha_{n-1}) + 4X_n}. & \end{array}\right\}$$

Оценка «хорошо» может быть выставлена студенту, если выполняется одно из условий:

$$\left.\begin{array}{ll} \boldsymbol{Y_\Sigma > 4\alpha_n}; & (4) \\ \boldsymbol{Y_\Sigma = 5(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \ldots + \alpha_{n-1}) + 3X_n}. & \end{array}\right\}$$

Для получения студентом удовлетворительной оценки основным и обязательным условием является требование:

$$\boldsymbol{Y_\Sigma > 3\alpha_n}. \qquad (5)$$

Особенностью данного метода балльно-рейтинговой оценки степени подготовки студента по изучаемой тематике является то, что итоговый балл $\boldsymbol{Y_\Sigma}$ не соответствует принятой в системе образования 4-х балльной шкале. Поэтому, руководствуясь соотношениями (3), (4) и (5), полученное число $\boldsymbol{Y_\Sigma}$, следует преобразовать в другое число, «2», «3», «4» или «5», соответствующее принятой в РФ системе оценок успеваемости студентов.

2. Метод балльно-рейтинговой оценки качества образовательного процесса на основе реализации модели многофакторного эксперимента.

Подбор коэффициентов значимости для различных сторон образовательного процесса выполняется по методу многофакторного эксперимента и построения уравнения множественной регрессии. При этом предполагается, что влияние каждого из факторов образовательного процесса на качество усвоения студентом изучаемого материала носит линейный характер. При небольших допустимых диапазонах изменения итоговой оценки и соответствующих оценок всех сторон образовательной подготовки подобное предположение вполне допустимо.

Один из вариантов ранжирования трех сторон образовательной подготовки студентов проведен по методу многофакторного эксперимента и построения уравнения множественной регрессии иллюстрируется данными, представленными соответственно в таблице 1 и таблице 2.

В таблице 1 фактически установлены требования по выставлению итоговой оценки студенту за изучаемую дисциплину при наличии важнейшего фактора ($\boldsymbol{X_3}$) и ранжирования остальных факторов. Данные таблицы иллюстрируют влияние граничных значений факторов $\boldsymbol{X_1}$ и $\boldsymbol{X_2}$ на изменение результата, достигнутого по фактору $\boldsymbol{X_3}$.

По исходным данным таблицы 2 вычисление коэффициентов значимости $\boldsymbol{\alpha_1}$, $\boldsymbol{\alpha_2}$, $\boldsymbol{\alpha_3}$ выполнено по методу множественной регрессии, и результаты представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Полный факторный эксперимент по установлению степени влияния факторов (X_1, X_2, X_3) на итоговую оценку качества образовательной подготовки студента

α_1	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$Y\Sigma$
2	2	2	2
5	2	2	2
2	5	2	2
5	5	2	3
2	2	3	3
5	2	3	3
2	5	3	3
5	5	3	4
2	2	4	3
5	2	4	4
2	5	4	4
5	5	4	5
2	2	5	4
5	2	5	4
2	5	5	5
5	5	5	5

Таблица 3 – Регрессионный анализ многофакторного эксперимента

ВЫВОД ИТОГОВ						
Регрессионная статистика						
Множ. R	**0,951972**					
R-квадрат	**0,90625**					
Станд. ошибка	**0,353553**					
Наблюдения	**16**					
Дисперсионный анализ						
	df	***SS***	***MS***	***F***	***Fкр.***	
Регрессия	**3**	**14,5**	**4,83**	**38,67**	**1,91E-06**	
Остаток	**12**	**1,5**	**0,125**			
Итого	**15**	**16**				
	Коэфф.	***Стандар. ошибка***	***t-стат.***	***P-Знач.***	***Ниж. 95%***	***Верх. 95%***

Y-перес.	**-0,58**	**0,41**	**-1,42**	**0,18**	**-1,48**	**0,31**
α_1	**0,17**	**0,059**	**2,83**	**0,02**	**0,038**	**0,29**
α_2	**0,25**	**0,059**	**4,24**	**0,001**	**0,12**	**0,38**
α_3	**0,75**	**0,079**	**9,49**	**6,31E -07**	**0,58**	**0,92**

Полученные итоги, представленные в таблице 2, позволяют записать уравнение (2) в следующем виде:

$$\boldsymbol{Y_\Sigma = -0{,}58 + 0{,}17X_1 + 0{,}25\,X_2 + 0{,}75X_3}, \qquad (6)$$

из которого следует, что итоговая оценка образовательной подготовки студента по изучаемой дисциплине – есть целое число $[\boldsymbol{Y_\Sigma}]$, наиболее близкое к принятой в РФ градации оценок: «2», «3», «4» или «5».

3. Выставление итоговой оценки по методу анализа вариаций идеальной матрицы сравнений.

Предлагаемый подход к оценке качества усвоения студентом изучаемого курса базируется на построении идеальной матрицы сравнений (либо матрицы сравнений – близкой к идеальной). Идеальная матрица сравнений представляет собой квадратичную матрицу, построенную на сравнении ее элементов. При анализе образовательного процесса элементами матрицы выступают коэффициенты факторов, характеризующие значимость каждого из них по степени влияния на уровень достижения итогового результата.

Если фактор ***А*** несколько важнее фактора ***Б*** и более существенное влияние оказывает на образовательный процесс, то на пересечении элементов матрицы (***АБ***) ставим число 2 или 3, а на пересечении элементов (***БА***) ставим соответственно числа 1/2 или 1/3. Если фактор ***А*** явно важнее чем фактора ***Б***, то в матрице сравнений на пересечении пары элементов (***АБ***) заносим 4 или 5, а на пересечении пары (***БА***)=1/4, 1/5 – соответственно. Аналогичные рассуждения можно продолжить, не распространяя диапазон сравнений за пределы числа «10».

Для примера, в таблице 4 представлены количественные результаты парных сравнений четырех условных факторов (***А***, ***Б***, ***С***, ***Д***) по степени их влияния на результативность образования. Число каждой ячейки таблицы 4 отражает результат парных сравнений фактора строки с соответствующим фактором столбца.

Таблица 4 – Матрица парных сравнений факторов образовательного процесса

Факторы	А	Б	С	Д
А	1	3	5	6
Б	1/3	1	5/3	2
С	1/5	3/5	1	6/5
Д	1/6	1/2	5/6	1

Если по числовым данным таблицы 4 построить матрицу ***М*** и ее элементы φ_{ij} обладают следующими свойствами:

1. $\varphi_{ii} = 1$;
2. $\varphi_{ik} = 1/\varphi_{ki}$;
3. $\varphi_{ik} \bullet \varphi_{kl} = \varphi_{il}$,

то построенная матрица ***M*** являемся идеальной матрицей сравнений с собственным столбцом

$$\varphi = \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \dots \\ \varphi_4 \end{pmatrix}$$ и собственным значением $\lambda = 4$, т.е.

$$M \bullet \varphi = \lambda \bullet \varphi = 4 \bullet \varphi.$$

Для матрицы ***M*** воспользуемся одним из способов приближенного вычисления собственного столбца.

1). Записываем матрицу ***M*** в развернутом виде:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 6 \\ 1/3 & 1 & 5/3 & 2 \\ 1/5 & 3/5 & 1 & 6/5 \\ 1/6 & 1/2 & 5/6 & 1 \end{bmatrix}.$$

2). Суммируем элементы каждой строки и записываем полученные результаты в столбец:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 15{,}0 \\ 5{,}0 \\ 3{,}0 \\ 2{,}5 \end{pmatrix}.$$

3). Складываем все элементы столбца Σ и делим каждый из его элементов на полученную сумму $\Sigma = 25{,}5$:

$$\varphi = \begin{pmatrix} 0{,}588 \\ 0{,}196 \\ 0{,}118 \\ 0{,}098 \end{pmatrix}.$$

Для проверки того, что столбец φ является собственным столбцом матрицы ***M*** необходимо умножить матрицу ***M*** на столбец φ и проверить выполнение условий:

1). $\boldsymbol{M}\,\varphi = \lambda \bullet \varphi = 4 \bullet \varphi$; (7)

2). Сумма элементов столбца φ равна единице;

3). Для развернутого выражения (7)

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 6 \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{5}{3} & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{3}{5} & 1 & \frac{6}{5} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & \frac{5}{6} & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.588 \\ 0.196 \\ 0.118 \\ 0.098 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.354 \\ 0.785 \\ 0.471 \\ 0.392 \end{pmatrix}$$

определить выполняется ли равенство

$$\frac{\mu_1}{\nu_1} = \ldots\ldots = \frac{\mu_n}{\nu_n}$$

<u>2,354/0,588</u>

Планируя организацию учебного процесса, базирующегося на элементах дистанционного образования, следует всегда помнить, что эффективное запоминание и освоение новой информации формируется в результате ее получения по слуховому и зрительному каналам восприятия, а затем ее самостоятельного анализа, апробации и практического использования для решения конкретных задач.

Современный период развития России четко обозначил необходимость обновления основных приоритетов в области образования в соответствии с мировыми тенденциями. Система образования – такая же инфраструктура будущей экономики, как трубопроводы нефти для теперешней экономики. Ведущий из приоритетов качество образования нашел свое выражение в национальной доктрине российского образования, что продиктовано наличием основного противоречия между современными требованиями к качеству образования, обеспечиваемому образовательными учреждениями, и ограниченностью, применяемых методик и технологий в процессе управления. Это побуждает к поиску новых и эффективных механизмов управления

качеством образования.

Литература

1. Антипова, Т. Н., Асташева, Н. П., Горленко. О. А., Исаев, В. Г., Копылов, О. А., Коновалова, В. А., Жидкова, Е.А., Строителев, В. Н., Суслов, А.Г. Управление инновациями и качеством. Учебное пособие. Под ред. Т. Е.Старцевой // ФТА. – Ярославль. – ООО «ПКФ» СОЮЗ-ПРЕСС». – 2013.
2. Исаев, В. Г., Михалишина, Е. В. К вопросу об инновационном подходе к оценке качества образовательного процесса. Сборник трудов по материалам II Международной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные технологии в современном образовании». – Королев МО: Изд-во «Канцлер». – ФТА. – 2015.
3. Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети [Текст] / Т. Саати // М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2009. – 360с.
4. Орлов, А. И. Асимптотическое поведение статистик интегрального типа. – В сб.: Вероятностные процессы и их приложения. Межвузовский сборник // М.: МИЭМ. – 1989. – 118-123 с.
5. Орлов, А. И. Статистика объектов нечисловой природы (Обзор) [Текст] / А. И. Орлов // Заводская лаборатория – 1990. – Т.56. – №.3. – 76-83 с.

УДК 004.056

Технология «цифровое перо» при обеспечении информационной безопасности финансово-кредитных электронных операций

Ф.А. Успенский, магистрант,
В.А. Марамыгина, студент,
А.В. Шмелев, студент,
В.Н. Соляной, к.в.н., доцент, зав. кафедрой,
А.И. Сухотерин, к.в.н., доцент, зам. зав. кафедрой,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

В данной статье обоснована целесообразность исследования новой технологии «цифровое перо», как новый целесообразный механизм, обеспечивающий безопасность финансово-кредитных электронных операций на основе комплексного использования современных методов обеспечения ИБ:

- *электронной подписи;*
- *биометрический механизм цифровой защиты;*
- *элементов искусственного интеллекта – нейросетей, для формирования ключей шифрования.*

Информационная безопасность, идентификация, аутентификация, электронная подпись, система электронного документооборота, нейросеть.

The technology of «digital pen» in information security financial and credit electronic transactions

F.A. Uspensky, master student,
V.A. Maramygina, student,
A.V. Shmelev, student,
V.N. Solyanoy, candidate of military sciences, senior researcher,
A.I. Sukhoterin, candidate of military sciences, senior researcher,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The article deals with advisability research of new technology «digital pen» as a suitable mechanism to provide safety of financial and credit operations. This technology based on the complex use of modern methods information security:

- *electronic signature;*
- *biometric digital protection mechanism;*
- *elements of artificial intelligence (neural networks to generate encryption keys)*

Information security, identification, authentication, electronic signature, electronic document management system, a neural network.

При использовании современных информационных систем, мы все чаще задумываемся о безопасности и сохранности наших данных. Одно из эффективных решений данного вопроса является внедрение в информационную систему электронного, а главное конфиденциального документооборота. Следующим шагом развития является применение информационных технологий *электронной подписи*. В последнее время электронная

подпись получает все большее распространение в отечественных корпоративных информационных системах.

Электронная подпись – это специфический атрибут, который ставится на определенной категории электронных документов, что свидетельствует об их юридической силе и законности. Так, ФЗ «Об электронной подписи» определяет существование трех видов такого атрибута, каждый из которых имеет свои характерные особенности и отличительные свойства.

Электронная подпись может быть простой, усиленной неквалифицированной и усиленной квалифицированной.

О сферах применения ЭП можно говорить бесконечно, поскольку все сферы жизнедеятельности человека, где так или иначе используются традиционные бумажные документы, рано или поздно становятся сферами применения электронного документооборота. С применением электронного документа оборота возможна передача юридически важной информации.

Электронный документ, заверенный ЭП, активно развивается именно в системе банковских правоотношений. В банковской среде развитие нормативного процесса регулирования процедуры использования электронного документа и ЭП происходило задолго до принятия федерального закона «Об ЭП» и части 2 ГК РФ. Важнейшая роль в данном процессе принадлежала Центральному Банку России. Центральный Банк принял большое число нормативных актов, которые определяли характерность применения ЭП в среде правовых финансово-кредитных отношений. На сегодняшний день нормативные правовые акты Центрального Банка РФ эффективно действуют и управляют порядком применения ЭП в банковской сфере, начиная от традиционно сложившихся отношений между коммерческими банками и их клиентами и заканчивая осуществлением ЦБ РФ контрольно-надзорной роли и предоставлением отчетности в электронном виде кредитными организациями. Сначала необходимо признать юридическую силу электронного документа, подписанного ЭП, путем положительной проверки ЭП. При этом практически во всех случаях все нормативные и правовые акты Центрально Банка РФ подтверждаю в лице собственника ЭП юридическое лицо - кредитную организацию или же ее клиента.

При помощи открытого ключа ЭП можно определить, кто является автором. Сегодня цены на ЭП не так уж и важны по сравнению с тем, какую она принесет пользу.

Предназначена электронная подпись для идентификации лица, которое подписало электронный документ, это полноценная замена собственноручной подписи в предусмотренных законом случаях.

Благодаря электронной подписи появляется возможность:

- контролировать целостность передаваемого документа – во время случайного или преднамеренного изменения документа подпись становится недействительной, так как она вычисляется на основании исходного состояния документа и будет соответствовать только ему;
- защитить документ от незаконного редактирования – в большинстве случаем при тщательном контроле целостности документа появляется гарантия обнаружения подделки и делает процесс фальсификации документа нецелесообразным;
- невозможно отказаться от авторства – создать корректную подпись можно, только со знанием закрытого ключа, который известен только ее владельцу, поэтому он не сможет отказаться от своей поставленной подписи под документом;
- доказательно подтвердить авторство документа – поскольку создается корректная подпись только при помощи закрытого ключа, то владелец пары ключей легко докажет свое авторство подписи под документом. От того, какие имеются детали определения документа, обозначается наличие под подписи таких полей: «автор», «метка времени», «внесённые изменения» и т. д.

Пользоваться электронной подписью могут физические и юридические лица как

аналогом собственноручной подписи, чтобы электронному документу придать юридическую силу, равную юридической силе бумажного документа, который подписан собственноручной подписью и скреплен печатью.

При использовании ЭП можно значительно сэкономить время, которое уходит на то чтобы произвести обмен документацией и оформление сделки. Усовершенствовать и удешевить процедуру хранения, доставки, подготовки и учета документов. Минимизировать риск финансовых потерь, благодаря тому, что здесь повышенная конфиденциальность информационного обмена, а также гарантировать достоверность документации. К тому же можно построить целую корпоративную систему обмена документами. Подделать ЭП невозможно.

Существуют разные способы сформировать электронную подпись. На практике самым удобным и распространенным способом является создание ЭП с помощью двух ключей – открытого и закрытого. Оба этих ключа создаются с помощью специальной шифровальной программы (например, «Крипто-про»). Для создания закрытого ключа необходимо либо хаотично двигать мышку, либо бессистемно нажимать клавиши на клавиатуре. Программа преобразует эти движения в очень длинный набор символов (его размер 512 бит). Так создается закрытый ключ.

Затем та же программа на основании закрытого ключа создает открытый ключ (обратный процесс – подобрать закрытый ключ по открытому ключу – невозможен). Открытый ключ публикуется на сайтах удостоверяющих центров и спецоператора связи, чьими услугами пользуется владелец ключа, а вот закрытый ключ следует хранить со всеми возможными мерами предосторожности.

ЭП создает возможность обеспечения защиты документа от искажений и делает невозможным подмену или отказ от авторства. Однако для того чтобы наиболее полно осуществлять контроль доступа к документу и информации в нем хранящемся, необходимо применение дополнительных мер, например, криптографических.

ЭП не привязывается к отдельному пользователю. Любой человек имеющий легитимный доступ к закрытому ключу может ставить ЭП.

Безусловно, допуск во внутреннюю сеть предоставляется только правомерным пользователям, после прохождения процесса авторизации и все без исключения действия протоколируются. Но если пользователь будет авторизован, тогда помешать ему выполнять разрешенные действия в сети становиться невозможным. Если закрытый ключ ЭП – один на целый отдел, то в таком случае почти каждый работник отдела способен модернизировать, подменить или уничтожить электронный документ.

Статистика показывает нам то, что более 80% различных инцидентов, связанных с информационной системой исходят именно из внутреннего периметра сети, а создают их именно авторизованные пользователи.

Злоумышленник, действующий изнутри сети, может нарушить не только целостность документа и информации, но и само авторство.

Для усиления устойчивости авторизации целесообразно обеспечить систему аутентификации средствами биометрической защиты.

В основе функционирования любой биометрической системы лежит цепочка следующих действий, представленных на рисунке 1:

1. **запись** – считываются с помощью сканера биометрические данные пользователя;
2. **выделение** – из представленных биометрических данных извлекается уникальная информация (в виде вектора информативных признаков или короткого идентификационного кода, длиной до 1000 бит), которая и будет представлять собой биометрический «образ» конкретного человека;

3. сравнение – производится сравнение представленного биометрического образа с одним или большим числом эталонов (шаблонов), хранящихся в базе данных системы;

4. принятие решения – система решает, совпадают или нет биометрические образы, и выносит суждение об окончании процедуры идентификации, её повторении или изменении условий её проведения.

Рисунок 1 – Процедура биометрической идентификации

При использовании биометрических систем разделяют два режима работы:

- Верификация – процесс, при котором сравнивается одно с одним;
- Идентификация – процесс сравнения одного с многим.

В режиме верификации, пользователь объявляет системе кто он такой путем передачи её своих биометрических данных («биометрику»). Система в свою очередь должна проверить является ли полученная информация правдивой, поэтому она сверяет полученные биометрические данные с исходным шаблоном (эталоном) данного пользователя.

В режиме идентификации пользователь передает системы свои биометрические данные, но теперь у системы другая задача – ей необходимо решить, входит ли данный пользователь в число известный ей пользователей, а если входит, то кто он? Система сравнивает полученную биометрику с базой данных шаблонов всех пользователей сити, созданных ранее.

Создать высоконадежное средство защиты персональной информации человека удается только в том случае, если использовать нейросетевое связывание тайного биометрического образа человека с его личным ключом. Подчеркнем, биометрическая защита человека высоконадежна только тогда, когда использованный биометрический образ является тайным и если тайный биометрический образ имеет достаточно высокую сложность (размерность). В этом аспекте прослеживается прямая аналогия с классической криптографией: высокая надежность криптографической защиты может быть обеспечена, только если ключ хранится в тайне и имеет достаточную длину.

Как показывает анализ надежных биометрических систем в вопросе аутентификации пользователю необходимо владеть своей доверенной вычислительной средой для защиты тайны биометрического образа. Основной проблемой в вопросе защиты является возможный перехват секретного биометрического образа во время ввода его в доверенную вычислительную среду. Для решения этой проблемы необходимо соединить сканер

биометрии с личной доверенной вычислительной средой. Как пример такой защиты можно предложить «цифровое перо», структура которого приведена на рисунок 2.

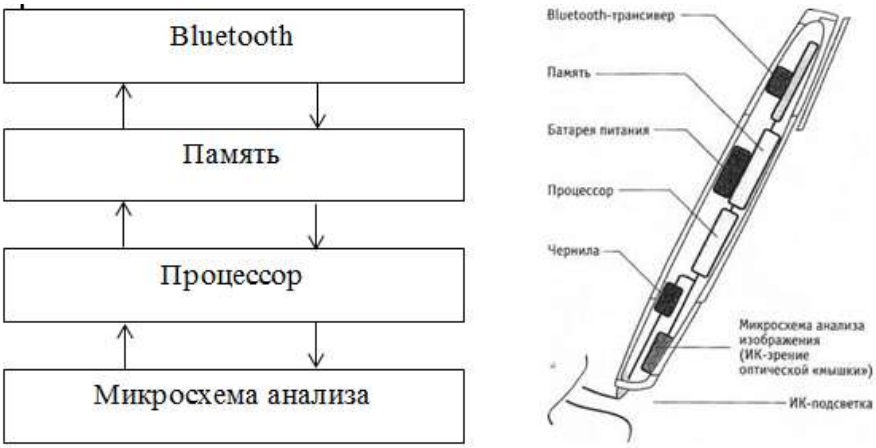


Рисунок 2 – «Цифровое перо» с доверенной вычислительной средой для формирования электронной цифровой подписи

На рисунке видно, что в составе доверенного цифрового пера необходимо предусматривать инфракрасную подсветку, направленную на подстилающую поверхность, а также микросхему анализа изображения. Данное доверенное цифровое перо можно видеть в роли доверенной оптической «мышки». В процессе письма данным пером, микропроцессор заключенный внутри пера анализирует и запоминает то, как движется рука и формирует рукописный текст. Таким образом, при использовании пера на простой бумаге внутри формируется цифровой образ, копирующий рукописный текст на бумажном носителе.

Цифровое перо применяется как доверенная вычислительная среда в процессах выполнения потенциально опасных, с точки зрения безопасности, биометрических и криптографических операций.

Процесс формирования юридически значимой ЭП как раз связана с определенной опасностью раскрытия данных, так как необходимой частью данного процесса является использование личного ключа. При формировании ЭП в незащищённой или чужой среде, личный ключ может быть скомпрометирован или перехвачен. Формировать ЭП

Одной из таких операций является формирование юридически значимой электронной цифровой подписи, поскольку эта процедура связана с необходимостью использования личного ключа. Если формировать личную ЭП, используя чужой компьютер, ваш (секретный) ключ может быть перехвачен. Иными словами, формировать ЭП необходимо только в собственной вычислительной среде, в которой секретный ключ будет в безопасности.

Именная такая доверенная вычислительная среда выполнена с помощью «цифрового пера», схема такого пера приведена на рисунке 3.

Рисунок 3 – Структурная блок схема «цифрового пера», осуществляющего формирование ЭП

ПО «цифрового пера» записывает в память устройства документ посредством протокола Bluetooth и дает команду подписать данный документ. Но ПО не может само подписать электронный документ, потому что в нем не содержится личный ключ собственника ЭП. Доверенная вычислительная среда содержит в своей памяти нейросеть которая обучена перерабатывать рукописный биометрический образ в специальный код для контейнера содержащий личный ключ владельца ЭП. Для того что бы извлечь личный ключ, пользователю нужно написать «цифровым пером» известный ему пароль.

Если тот, кто использует «цифровое перо» является его правомерным хозяином, тогда он может безошибочно повторить рукописное слово-пароль своим исключительным почерком. Если же «цифровое перо» находится в руках неправомерного пользователя или злоумышленника, то при попытке воспроизведения случайных рукописных слов, нейронная сеть будет создавать на своем выходе случайный код. Таким образом, только правомерный владелец «цифрового пера» сможет получить на выходе правильный код контейнера с секретным ключом. Для того чтобы раскрыть контейнер и извлечь из него личный ключ, пользователю необходимо ввести PIN-код.

Использовать секретный ключ пользователя для формирования ЭП по определенным документам возможно, только если он был правильно извлечен из верного кода контейнера. После ЭП сверяют обычным методом – по открытому ключу. Если ЭП правильна, процесс формирования ЭП выполнен верно. Допущение ошибки в PIN-коде или при написании рукописного слова-пароля приводит к ошибке в формировании ЭП. Проверка ЭП происходит уже во внешней не доверенной вычислительной среде.

Невозможность внешнего доступа к ПО «цифрового пера» является важной составляющей в процессе создания доверительной среды этого пера.

Через Bluetooth возможна только загрузка на подпись и выгрузка уже подписанных документов. Попытки добраться до нейросети могут привести к полному удалению внутреннего доверенного ПО.

Нейронные сети (НС) занимают важное место при решении задач обеспечения информационной безопасности в силу следующих своих преимуществ:

• возможность воспроизведения с любой точностью сколь угодно сложных нелинейных зависимостей (за что их часто называют «универсальными аппроксиматорами»);

• способность к обучению и самообучению (настройка НС на решение определенной задачи производится на серии «примеров» из обучающей выборки, причем на обучающую выборку не накладываются какие-либо ограничения);

• способность к обобщению (т.е. опыт, полученный сетью в процессе обучения на конечном числе образов, можно успешно распространить на другие, в том числе неизвестные ей образы);

• потенциально высокая помехо- и отказоустойчивость (так, в случае постепенного выхода из строя до 50 % составляющих ее элементов, НС может сохранить приемлемую работоспособность);

• в силу параллельной природы НС, ее архитектура естественным образом реализуется на параллельных вычислительных средствах.

Обобщенная блок-схема нейросетевой системы биометрической идентификации личности, приведенная на рис. 4, отражает следующие основные этапы обработки информации для технологии «цифровое перо»:

• измерение биометрических данных пользователя с помощью сенсоров (входных преобразователей);

• извлечение информативных (инвариантных) биометрических признаков;

• построение нейросетевого биометрического эталона пользователя;

• реализация решающего правила на основе НС.

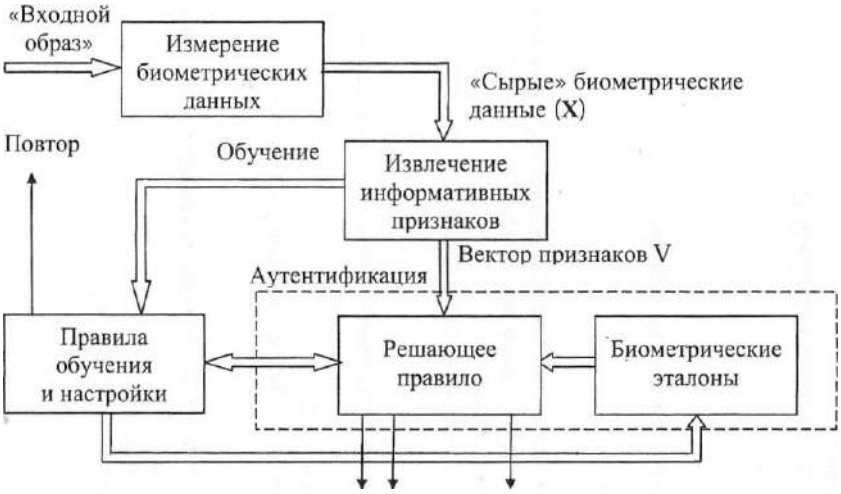


Рисунок 4 – Обобщенная блок-схема нейросетевой системы биометрической идентификации

При реализации решающего правила на основе НС необходимость в хранении в явной форме биометрических эталонов отпадает, поскольку сама НС в данном случае берет на себя функцию распределенной памяти. Информация о биометрических эталонах записывается в НС в виде значений весов ее связей, настраиваемых в процессе обучения сети (иногда даже говорят о «голографической» памяти НС). То обстоятельство, что биометрические образы легальных пользователей (эталоны) оказываются «спрятанными» внутри сети, является положительным фактором с точки зрения обеспечения *анонимности* биометрической защиты. Каждый человек обладает уникальными статиче-

скими и динамическими биометрическими признаками, а значит, конкретные значения весов НС, обученной с учетом значений этих признаков, также уникальны.

Удобства использования нейросетевых биометрических систем и достаточно высокий уровень предоставляемой ими защиты делают их перспективными для применения в открытых и слабо защищенных информационных пространствах. В то же время, потенциальный злоумышленник (хакер) может попытаться «обойти» систему биометрической идентификации, предъявляя информационной системе сразу «нужный» вектор выходов НС-классификатора. Данный тип атаки на биометрическую систему получил название *атаки на «последний бит» решающего правша*. Таким образом, использование биометрических систем в открытых и слабо защищенных информационных пространствах становится проблематичным, особенно в случае необходимости приема, обработки и передачи конфиденциальной информации.

Наиболее надежными в этом случае оказываются *криптографические системы*, существенно превосходящие по уровню предоставляемой ими защиты любые биометрические системы. Однако серьезным недостатком криптографических систем является проблема надежного хранения и правильного использования секретных криптографических ключей.

Выходом из создавшейся ситуации стало появление нового класса биометрических систем идентификации/аутентификации личности с криптографической защитой информации, или *биометрических криптосистем*.

Если провести сравнение между доверенной средой «цифрового пера» и обычным сейфом, то в плане физической защиты перо надежнее примерно в 500 раз. При том что масса и размер «цифрового пера» в 10000 раз меньше, а стоит перо в 50 раз дешевле.

Следует также выделить то что для преодоления физической защиты «цифрового пера» потребуются определенное время и средства, но это лишь небольшая часть затрат необходимая для компрометации личного ключа. После будет необходимо извлечь из доверенного ПО «цифрового пера» параметры нейросети, затем из нейросети нужно извлечь ключ биометрического пароля. При том если биометрическая, нейросетевая и криптографическая защита ключа исполнены на должном уровне, то на выделение секретного ключа из ПО «цифрового пера» потребуется около 500 суток. Это при условии, что у злоумышленника имеются в своем доступе необходимые высокопроизводительные вычислительные мощности для взлома.

Владельцу, при обнаружении пропажи своего секретного ключа «цифрового пера», необходимо сообщить об этом в тот удостоверяющий центр, в котором произошла выдача пользователю сертификата открытого ключа, и последующее его аннулирование. После аннулирования сертификата его парный скомпрометированный личный ключ утратит свои юридические полномочия. Эта процедура займет лишь несколько минут.

Вся перечисленная выше цепочка обеспечения безопасности хранения и использования личного ключа формирования ЭП достаточно сложна. Каждый ее фрагмент нуждается в государственном контроле и сертификации. Все элементы цепочки должны быть выполнены безукоризненно предприятиями, имеющими соответствующие лицензии. Возникает целая система мер, которые в конечном итоге могут обеспечить конфиденциальность, анонимность, обезличенность используемых в доверенной вычислительной среде персональных биометрических данных человека.

Литература

1. Федеральный закон от 06.04.2011 N 63-ФЗ «Об электронной подписи».
2. Информационно-методический журнал «Защита информации. инсайд» № 1 2010 г. – Стр 10-13.
3. Информационно-методический журнал «Защита информации. инсайд» № 2. – 2010 г. – Стр 8-11.

4. Афанасьев, А. А., Веденьев, Л. Т., Воронцов, А. А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. Учебное пособие для вузов [Текст] / А. А. Афанасьев, Л. Т. Веденьев, А. А. Воронцов // М.: Горячая линия. – Телеком. – 2009г. – 552с.: ил.
5. Васильев, В. И. Интеллектуальные системы защиты информации. Учеб. пособие [Текст] / В. И. Васильев // М.: Машиностроение. – 2013 г. – с. 172.
6. Бобылева, М. П. Эффективный документооборот: от традиционного к электронному [Текст] / М. П. Бобылева // М.: Изд-во МЭИ. – 2004. – С. 172.
7. Архипов, С. П. Электронный документ как средство доказывания в гражданском и арбитражном судопроизводствах [Текст] / С. П. Архипов // Юрист. – 2010. – № 12.
8. Иванов, Н. А. Об электронных документах и электронной цифровой подписи [Текст] / Н. А. Иванов // Информационное право. – 2006. –№ 3.
9. Электронный ресурс. Центр деловой информации. Режим доступа: http://www.cbinn.ru/ecp/about.html.
10. Электронный ресурс. PCWEEK. Режим доступа: http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=73193.

УДК 004.451

Компьютерное обеспечение автоматизированного рабочего места преподавателя (АРМп) в системах электронного обучения

В.А. Чёткин, к.т.н., с.н.с., доцент,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область,
С.В. Чёткин, начальник отдела ОАО «РКК «Энергия», г. Королёв, Московская область

Рассмотрены возможности использования компьютеров класса HTPC-Home Theater PC в системах электронного обучения. Приведены их основные технические характеристики и выбрано наилучшее решение.

Электронное обучение, автоматизированное рабочее место, компьютеры класса HTPC-Home Theater PC, наилучшее решение.

Computer providing the automated worker places of the teacher in the systems of electronic training

V.A. Chyotkin, Ph.D., senior researcher, associate professor,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,
S.V. Chyotkin, head of the, S.P. Korolev rocket and space corporation «Energia»,
Korolev, Moscow region

In current article it is considered the possibilities of using computers of the HTPC-Home Theater PC class in the systems of the electronic training.There are provided the main technical characteristics and the best decision is chosen.

Electronic training, the automated workplace, computers of the class HTPC-Home Theater PC, the best decision.

Для решения задач, связанных с разработкой и демонстрацией презентаций, визуализации результатов моделирования[1,2] электронного обучения – e-learning [3] оперативной работы с графикой, текстами, аудио и видео материалами в аудитории при проведении учебных занятий необходим компьютер удовлетворяющий следующим порой противоречивым требованиям: недорогой, высокопроизводительный, компактный, переносимый, модульный, универсальный, мультимедийный [4].

Обоснование выбора такого компьютера и составляет **цель** данной работы.

Перечисленным требованиям наиболее соответствуют компьютеры класса HTPC-Home Theater PC и серверы iSeries.

На российском рынке доступны следующие модели этих классов

Mac Mini. Apel [5-6]
ASRock Vision 3D 137 ASRock [7-9]
ION 3D 152B ASRock [10-12]
ThinkCentre Tiny M53 Lenovo [13-14]
iSeries (AS400) IBM System x3550 791462G IBM [15]

Базовые технические характеристики этих моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики компьютеров

Технические характери-стики	**Mac Mini**	**ASRock Vision 3D 137**	**ION 3D 152B**	ThinkCentre Tiny M53	**iSeries (AS400)** IBM System
Процессор	Intel Core i5 ,2.5 ГГц [Intel Core i7 2.3, ГГц	Intel Core i3-370M,ГГц 2,4 ГГц, 2 ядра	Intel Atom D525, 1.8 GHz	Intel: Celeron J1800 или Pentium J2900	E5.2665-240ГГц, 8 ядер
Графичекий процессор	-	- NVIDIA GeForce 425M, МГц	-		
Оперативная память	4 ГБ (до 16)	4 ГБ (до 8 ГБ)		До 8 ГБ	8ГБ 1планка (максимум-768 ГБ)
Жесткий диск HDD	500 ГБ или 1 ТБ	Western Digital Scorpio Black WD5000 BEKT 500 Gb	Hitachi Travelstar, SATA 2.0, 320 Gb, 5400 RPM	1 ТБ либо SSD до 256 ГБГ	
Передача данных		Супер скорост-ной ин-терфейс USB 3.0	USB 2.0 – в 10 раз меньше чем USB 3.0	USB 3.0 /USB 2.0, cloud Manager	
Операцион-ная система	Mac OS X.	Windows 7,8	Windows 7,8	Windows 8.1 Pro 64	AS400
Размеры (высота х ширина х глубина**) мм**	36 х190 х 197	70х 200х200	70х195х186	34Х179х182	43х429х743 в стойке
Цена средняя – руб	35000[9[	34000	18000	32000	180000

Эти компьютеры можно подключить практически к любому устройству при выполнении мультимедийных, сетевых либо расчетных задач образовательного уровня. Они соответствуют требованиям к проведению учебного процесса - не греются и не шумят.

1.**Mac mini** показан на рисунке 1.

Рисунок 1 – Мас мини лицевая панель

Рассматривая его построение следует выделить следующие особенности:

беспроводные интерфейсы: Wi-Fi (IEEE 802.11n), модуль BASE-T Gigabit Ethernet (разъём RJ-45), Bluetooth 4.0;порты и разъемы: разъем для микрофона, разъем для наушников, порт Gigabit Ethernet, порт FireWire 800, порт HDMI, порт Thunderbolt, разъём для карт SDXC, четыре порта Usb 3; технологию Hyper-Threading, которая позволяет запускать на каждом ядре по два потока. что позволяет операционной системе справляется с многозадачностью.

Аббревиатура «3D» в названиях **ASRock Vision 3D 137 и ION 3D 152B** указывает на поддержку технологий NVIDIA для вывода трехмерного изображения: 3D Vision и 3DTV Play. Первая технология предназначена для выскокачесвенного динамического показа 3d изображений. При использовании затворных стереоочков и телевизора с частотой вертикальной развертки 120 Гц, 3D Vision позволяет вывести демонстрацию в третье измерение, даже если она создана без учета такой функции чипов GeForce. А родственная технология 3DTV Play создает объемное изображение средствами 3D-телевизора, подключенного по интерфейсу HDMI.Эта технология и реализована в ION 3D 152B. Для просмотра трехмерных презентаций, лекционных материалов и фильмов на дисках Blu-ray также понадобится видеоплеер с соответствующей функциональностью [9].

2. **ASRock Vision 3D 137** рисунке 2**.**

Рисунок 2 – ASRock Vision 3D 137

Для проведения занятий состав автоматизированного места преподавателя на базе этого компьютера необходимо дополнить телевизионной панелью проигрывателем для blu-ray дисков и затворными очками.

Перечень рекомендованных фирмой разработчиком **телевизионных панелей**

приведен в [8]. Минимальные программные требования к системе-Windows 7 32/64-бита центральный процессор Intel® Core™2 Duo, AMD Athlon™ X2 или более мощный, 1 ГБ системной памяти. (Рекомендовано 2 ГБ), 100 МБ свободного дискового пространства, воспроизведение видео от Corel, CyberLink, ArcSoft или Roxio.

Качество изображения можно менять в зависимости от используемого графического процессора NVIDIA® GeForce®.

NVIDIA® GeForce® Желаемое качество изображения
Blu-ray 3D по мнению пользователей
GTX 485M Превосходное
GeForce GTX 480M Превосходное
ПеForce GTX 560M Хорошее
GeForce GT 555M Хорошее [9] и т.д.

Видеоплеер – проигрыватель для blu-ray дисков. (Blu-ray Disc (BD) – диск формата высокого разрешения (HD-video), Емкость дисков blu от 40 Гб и превышает в десятки раз емкость традиционных дисков dvd и является достаточным для размещения коллекции учебных видео презентаций. Для достижения этого в технологии Blu-ray (голубой луч) для чтения и записи используется сине-фиолетовый лазер с длиной волны 405 нм. Обычные DVD и CD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 650 нм и 780 нм соответственно. Более короткая длина волны сине-фиолетового лазера позволяет хранить существенно больше информации на 12 см дисках того же размера, что и у CD/DVD. Кроме этого blu-ray диск это четкое изображение, насыщенные живые цвета и отличный звук так нужные в проведении учебных занятий. Наиболее интересны и доступны Blu-ray плееры компании Sony.

Затворные стерео очки. Основа затворного метода (PageFlip) – *разделение вывода ракурсов по времени*. Каждый полный кадр, выводимый на дисплей (монитор, проектор, телевизор, ставится в соответствие левому или правому ракурсу. Разделение происходит с помощью очков, которые синхронно затемняют один глаз (если в данный момент на экране выводится правый ракурс, то левый глаз должен быть закрыт, и наоборот). В идеале очерёдность левых и правых ракурсов должна быть LRLRLRLRLR, то есть после каждого левого ракурса должен выводиться правый ракурс, после него снова левый и так далее. В этом случае инертность сетчатки нашего глаза позволяет «запоминать» изображение для закрытого глаза на время, когда уже выводится изображение для другого глаза, и мы воспринимаем стереоизображение. Чем меньше интервалы закрытого состояния шторки очков – тем комфортнее просмотр. Выбирая очки, учитывают: размер кошек [шторок (чем больше – тем лучше)]; прозрачность (падение яркости) в неактивном состоянии (не существует абсолютно прозрачных очков, поэтому очень часто рекомендуется повышать настройки яркости или гаммы цветов на время просмотра стерео); непрозрачность в закрытом состоянии (при неполном затемнении происходит взаимопроникновение ракурсов – гхост); эргономические параметры (размеры, вес, способ крепления); способ синхронизации (проводные и беспроводные).

Данные приведенные в работе [11] показывают , что возможности ASRock Vision 3D выходят за рамки HTPC-класса. Vision 3D представляет собой полноценный компьютер, который оперативно справится с самыми разными задачами учебного плана – будь то подготовка лекционного видео и аудиоконтента, освоение современных технологий подачи материала, работа в графических редакторах и прочее.

3.ION 3D 152B стандартный мультимедийный компьютер [3].

Эта модель по размерам и внешнему виду близка к **ASRock Vision 3D 137.**

Серия Mini PC включает и другие компьютеры компании ASRosk отражающие наиболее полно потребности заказчиков [10-12].

4. Мини-компьютер Lenovo ThinkCentre Tiny M53, рисунок 3.

Lenovo ThinkCentre Tiny M53 – одно из самых малогабаритных устройств среди настольных ПК, представленных сегодня на российском рынке: объем корпуса 1 литр при массе 1,32 кг,что позволяют организовать рабочее место даже в очень ограниченном пространстве рабочего стола преподавателя спрятав компьютер за монитором рисунке 3. При этом для его включения достаточно нажатия нескольких клавиш на USB-клавиатуре благодаря технологии Keyboard Power-On. В базовой комплектации ПК оборудован бесплатным приложением-диспетчером служб PC Cloud Manager 3.0 и системой охлаждения Intelligent Cooling Engine 3.0, которая увеличивает надежность работы за счет повышения эффективности системы охлаждения и снижения уровня шумов. Возможность использования облачных cloud технологий открывает неограниченные возможности для организации удалееного учебного процесса. Устройство оснащено процессорами Intel, имеет длительный срок службы и широкие возможности беспроводного соединения [13-14].

Рисунок – 3 Мини-компьютер ThinkCentre Tiny M53

5. Server iSeries (AS400) IBM System x3550 791462G , рисунок 4.

IBM Server iSeries – единственное семейство серверов, которые позволяют одновременно выполнять приложения для четырех различных операционных систем – OS400, UNIX, Windows NT[Windows и Linux – на одном сервере. Система практически не требует администрирования, и поэтому внедрение J,EXF.OB обучающих приложений уровня университета становится быстрым и простым. Любой сервер iSeries может одновременно исполнять приложения OS400, Linux, Windows NT, Windows , портированные приложения UNIX, а с 2004 года и AIX. Поддерживаются WebSphere, Lotus Domino и Java.

Рисунок 4 – Server iSeries (AS400) – IBM System x3550 791462G вычислительная платформа

Достоинства **Server iSeries (AS400)** – IBM System x3550 791462G [15].

Полная совместимость. iSeries предоставляет возможность совместной работы с большинством известных систем и устройств, включая Windows, Apple Macintosh, рабочие станции UNIX, сетевые компьютеры и прочее. Это позволяет создать новую компьютерную систему на базе тех устройств, которые у Вас уже имеются.

Полная сетевая интеграция. iSeries может работать с данными через множество локальных и глобальных сетей. Поддерживаются все основные сетевые протоколы, включая TCPIP, SNA и APPCAPPN. Как результат, нет необходимости менять или перестраивать существующие сети для работы с iSeries.

Интеграция и простота использования. В отличие от других серверов, iSeries комплектуется программным обеспечением, достаточным для развития информационной системы. В составе операционной системы есть все – от текстового редактора до Web-сервера, от мощной реляционной базы данных DB2 до средств коммуникации, системного управления и других необходимых программ. Это означает, что не придется искать, дополнительно платить и устанавливать продукты третьих фирм и заботиться об их совместимости. Это означает также, что в случае апгрейда операционной системы все компоненты будут обновлены одновременно, и главное, эти компоненты будут протестированы для совместной работы.

Готовность к работе, надежность и качество сервиса. Индекс доступности 99,99%.

Гарантированная безопасность. Все программное обеспечение работает по единой интегрированной модели защиты, отслеживающей все важные процессы в системе и поэтому «применительно к iSeries никогда не используются такие выражения, как «компьютерный вирус» или «взлом системы».

Масштабируемость. Компании, использующие iSeries, начав с системы начального уровня, поддерживающей всего несколько пользователей, могут увеличить производительность системы в сотни раз.

Сохранение инвестиций. Для систем iSeries IBM создала уникальную системную архитектуру, которая позволяет пользователям модернизировать оборудование и операционную систему без замены или даже переустановки программного обеспечения.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Каждое из рассмотренных вычислительных устройств хорошо само по себе. Тем не менее, с точки зрения организации учебного процесса наиболее интересен IBM System x3550 791462G.

2. Система IBM System x3550 791462G даже при существенно больших единовременных затратах таблица 1 даст непропорционально больший, по сравнению с понесенными затратами, прирост дееспособности и поэтому предпочтительна при организации автоматизированного рабочего места преподавателя (АРМп).

Возможное концептуальное решение автоматизированного рабочего места преподавателя – АРМп на базе MAC mini [6] приведено на рисунке 5.

Рисунок 5 – Схемное решение автоматизированного рабочего места преподавателя

Это решение также идеально подходит для выставочных залов и учебных аудиторий, при этом лекционный материал будет не только максимально иллюстрированным, но и увлекательным, как для докладчика, так и для слушателей.

Литература

1. Четкин, В. А. ,Кафаров, В. В. Устойчивость химических реакторов, Итоги науки и техники, сер. Процессы и аппараты [Текст] / В. А. Четкин, В. В. Кафаров // М., ВИНИТИ. – 1980. – т .8. – с.68.
2. Кафаров, В. В., Бродский, С. Я., Евстафьев, В. А.,Четкин, В. А. Системный анализ процессов получения синтетических жидких топлив [Текст] / В. В. Кафаров, С. Я. Бродский, В. А. Евстафьев, В. А. Четкин // М.: Изд. ХИМИЯ. – 1994г. – с.272.
3. Электронный ресурс. Режим доступа: http:cyberleninka.ru[article[n[avtomatizirovannoe-rabochee-mesto-prepodavatelya-vuza.
4. Электронный ресурс. Режим доступа: http:strong-td.ru[avtomatizirovannoe-rabochee-mesto-prepodavatelya[.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: http:appleinsider.ru[mac-mini[ot-a-do-ya-mac-mini.html].
6. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.hostcomp.ru.
7. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.asrock.com.
8. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.asrock.com[Nettop[overview.asp?Model=Vision+3D+Series.
9. Электронный ресурс. Режим доступа: http:cheklab.ru.
10. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.ixbt.com[mainboard[pc-asrock-vision3d-p1.shtml
11. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.ixbt.com[mainboard[pc-asrock-vision3d-p2.shtml.
12. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.nomobile.ru[reviews[102396.html.
13. Электронный ресурс. Режим доступа: http:lenovo.com›Psref›pdf/tcbook.pdf15.
14. Электронный ресурс. Режим доступа: http: www.content-review.com Lenovo начинает продажи мини-компьютера ThinkCentre Tiny M53.
15. Электронный ресурс. Режим доступа: http:www.karma-group.ru IBM System 3550 m4.