

Журнал зарегистрирован в
Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания и
средствам массовой коммуни-
кации

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-57975
от 28 апреля 2014 г.

ISSN 2409-1650

Главный редактор
Артюшенко
Владимир
Михайлович

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

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

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

Редакция не несет ответствен-
ности за достоверность ин-
формации в материалах, в том
числе рекламных, представ-
ленных авторами для публи-
кации

Материалы авторам не воз-
вращаются

Подписано в печать
20.06.2015

Отпечатано
в типографии

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

Тираж 300 экз.
Усл.п.л. 7,5

СОДЕРЖАНИЕ

А.Э. Аббасов
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ СБОРКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕ-
СКИХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ.....3**

Т.С. Аббасова
**СОВМЕЩЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ И ИЗМЕРИ-
ТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ИНТЕРАКТИВНОМ
УПРАВЛЕНИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫ-
МИ СИСТЕМАМИ.....14**

Т.С. Аббасова
**ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ И ПРОЕКТИ-
РОВАНИЮ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ N-МЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ.....39**

Т.С. Аббасова, А.А. Комраков
**ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ПРОВЕРКА
КОРРЕКТНОСТИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ
ДАННЫХ.....55**

К.В. Анфалов, Д.А. Салауров, И.В. Тимофеев
**ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЛАБОРА-
ТОРНОГО СЕТЕВОГО СТЕНДА К СЕРВЕРУ
ВИРТУАЛИЗАЦИИ.....65**

М.Н. Бухаров
**УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ
ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....72**

М.Н. Бухаров, Д.Р. Мавлютов
**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РОБОТА-
ОФИЦИАНТА.....99**

В.Г. Исаев
**О МЕТОДИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ
ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ АГРЕГАТОВ И
СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ
КОМПЛЕКСОВ.....106**

С.А. Минько
**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ
ФРЕЗЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРИ-
СТВОЛЬНЫХ ПОЛОСАХ ПЛОДОВЫХ
НАСАЖДЕНИЙ.....111**

М.Д. Озерский, В.Н. Строителев, В.Г. Исаев, Е.А.
Жидкова
**ЭВРИСТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА
ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СЛОЖНЫМ
ТЕХНИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ.....115**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. Соколов
Сергей Викторович
2. Райков
Александр Николаевич
3. Фоминский
Вячеслав Юрьевич

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. Вокин
Григорий Григорьевич
9. Самаров Ким Леонидович
10. Стреналюк
Юрий Вениаминович
11. Шурин
Константин Владимирович

Ю.В. Стреналюк
**ПОСТАНОВКА И ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ
ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ
РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ОДНОКРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ В ФОРМЕ ДВУХ-
ЭТАПНОЙ ЗАДАЧИ СТОХАСТИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....123**

А.М. Шамаев, М.Д. Озерский
**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
ПОГЛОЩЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ТЕМПОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ И
ТЕМПЕРАТУРЫ В ОТСЕКАХ КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА ПРИ ЕГО НАХОЖДЕНИИ
НА ОРБИТЕ.....127**

Исследование технологических процессов сборки сложных технических устройств с использованием современных методов обработки информации

А.Э. Аббасов, аспирант,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Проанализированы технологические схемы сборки сложных технических устройств и агрегатов; определена целесообразность применения технологий трехмерного моделирования и аддитивных технологий при их сборке и обработке; разработана инструкция технологического процесса сборки с применением современных технологий трехмерного моделирования; определена аналитическая зависимость для расчета экономического эффекта от мероприятия по снижению массы и размеров проектируемого в трехмерных средах устройства.

Компьютерное моделирование, визуализация технологического процесса сборки, аддитивные технологии.

Study Process of Assembly Complex Devices Using Modern Methods of Information Processing

A.E. Abbasov, a graduate student,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

Analyzed technological schemes build complex devices and assemblies; determine the appropriateness of the use of technology and three-dimensional modeling of additive technologies in their assembly and testing; developed a manual assembly process using modern technology three-dimensional modeling; the analytic relationship to calculate the economic effects of measures to reduce the weight and size of the projected in three-dimensional media device.

Computer modeling, process visualization assembly, additive technology.

Актуальность темы

От качества технологических процессов сборки и отработки зависит обеспечение требуемых эксплуатационных параметров устройства (изделия). Развитие технологии производственных процессов характеризуется тенденцией перехода к научно-ориентированному процессу на основе создания оптимизированных компьютерных технологий. Методика обучения в средне-специальных и высших учебных заведениях при подготовке специалистов для различных производств меняется, лаборатории с реальным физическим оборудованием заменяют-

ся виртуальными лабораториями. Актуально сокращение процесса сборки и отработки устройств технических систем с помощью информационных технологий для визуализации процесса сборки и обнаружения технологических несоответствий на ранней стадии [1, С.170, 2, С.3, 3, С.21, 4, С.10].

Анализ технологических схем сборки сложных технических устройств

Заключительным этапом технологического процесса (ТП) является сборка технического изделия, при котором узлы и детали соединяются в готовом изделии. Схема сборки – это графическое обозначение в виде условных обозначений последовательности сборки изделия (его составной части). Каждый элемент (деталь, сборочная единица) изображается по схеме прямоугольником, разделенным на 3 части, где указывается наименование элемента и число, входящее в данное соединение. При построении схемы сборки должно быть осуществлено максимальное разделение изделия на сборочные единицы. Схемы и ступени сборки устройств технических систем описаны в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательность операций при технологическом процессе сборки

Наименование схемы/ступени	Функциональное предназначение	Отображение сборочных элементов и последовательности сборки
1. Схема сборочных элементов	Отражение только сборочных элементов: число, порядок, комплектующие, наименования и связи между сборочными элементами	Графическое изображение в виде условных обозначений последовательности сборки изделия или его составных частей
2. Технологическая схема сборки	Схема сборочного элемента и операции, сопровождающие сборку	Операции регулировки, пайки, намотки, изолировки, балансировки между сборочными элементами
а) схема сборки с базовой деталью	Использование основной (базовой) детали, с которой начинается технологический процесс (шасси, станина, вал, каркас, и др.)	Местоположение на схеме сборки деталей и сборочной единицы показывает очередность их поступления на сборку, направление движения указывают линии со стрелками
б) схема сборки «веерного» типа	Показано, из каких деталей образуется сборка	Простота схемы, не отражена последовательность сборки
Первая ступень сборки	Простейшие сборочные единицы	Детали для сборочных единиц
Вторая и последующие ступени сборки	Сборочные единицы с возрастающей степенью	Сборка простейших сборочных единиц
Последняя ступень сборки	Общая сборка всего изделия	Дифференциация процессов сборки

Пример чертежа схемы сборки в соответствии с требованиями ГОСТ

приведен на рисунке 1. Выбор вида схемы сборки (или комбинированного варианта) влияет на формирование отдельных технологических операций и составление наиболее рациональных их последовательностей в ТП, однако во всех перечисленных в таблице 1 схемах сборки не хватает наглядности (визуализации), так как сборочные единицы обозначаются условными графическими значками. В процессе сборки имеются существенные трудности по отработке (проверке изделия) на точность геометрических параметров и по осуществлению анализа характеристик изделия при изменении некоторых его параметров в процессе сборки.

В конструкторской документации (КД), которая ведется с помощью чертежей, для характеристики устройств и сборочных узлов существуют размеры, сечения, аксонометрические проекции. При визуализации с помощью компьютерного моделирования возможности существенно расширяются: метод проекции для отображения значений на срезе (сечении) детали; различные цвета (псевдо раскраска) для присвоения различных значений функции в диапазоне (цвета могут быть интерполированы между исходными значениями); выделение элемента модели (регион интереса); построение изоповерхностей (простая поверхность, поверхность в комбинации со срезами) [5, С.5].

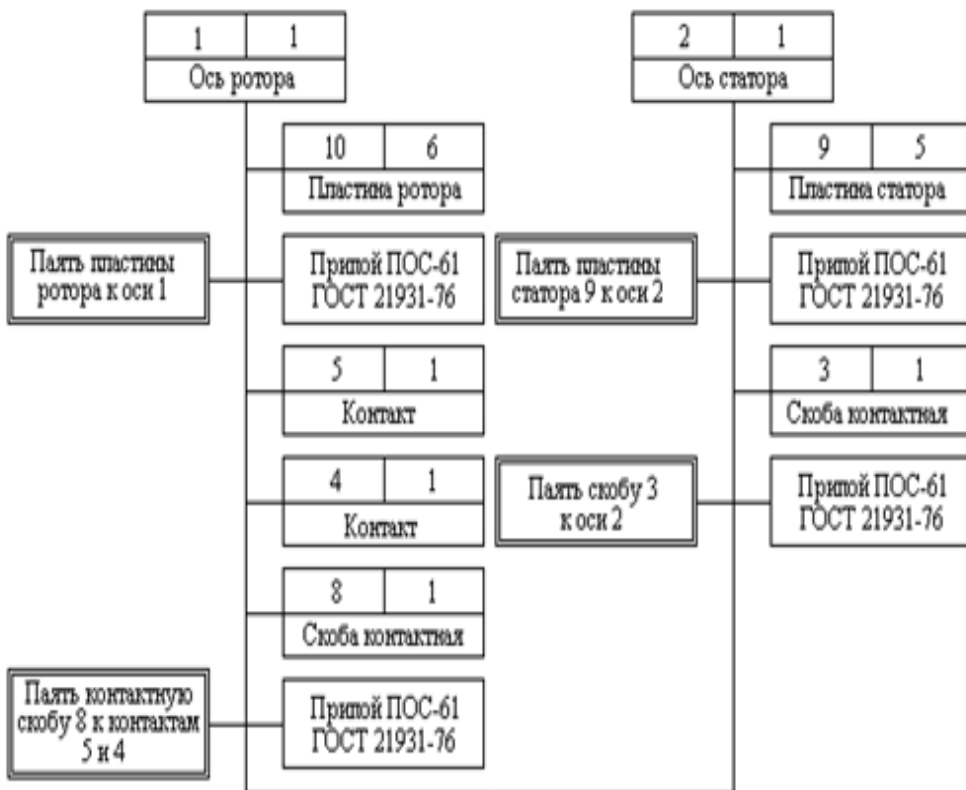


Рисунок 1 – Пример технологической сборки сложного технического устройства в соответствии с требованиями ГОСТ

На рисунке 2 показано, как для сложного изделия строится укрупненная

технологическая схема для общей сборки.

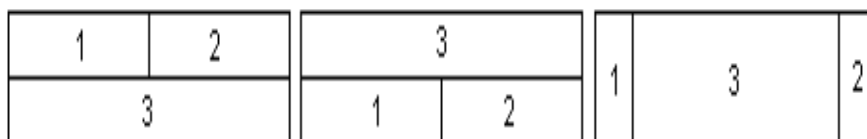


Рисунок 2 – Варианты модулей, обозначающие исходные сборочные элементы ступеней сборки

Схема, приведенная на рисунке 2, еще больше усложнит проблему визуализации сборочных единиц.

Проведенный анализ представленных вариантов технологического процесса сборки технических устройств и изделий показал, что качество процессов не соответствует показателям или по точности результата, или по трудоемкости и затратам материальных и энергетических ресурсов. Для обнаружения ошибок и несоответствий на ранней стадии сложных сборных систем, состоящих из агрегатов и устройств различного назначения, связанных между собой сложной геометрической компоновкой (например, ракетные двигатели и связанные с ними системы, устройства систем управления в машиностроении, оборудование для связи управляющих и телекоммуникационных систем) необходимы новые подходы.

Целесообразность применения технологий трехмерного моделирования и аддитивных технологий

Обеспечение оптимального сочетания высокой точности размеров проектируемых устройств и минимальных затрат в процессе их сборки возможно за счет применения технологий трехмерного моделирования [6, С.8, 7, С.4, 8, С.8, 9, С.7, 10, С.10]. С помощью трехмерного моделирования можно упростить конструкцию изделия. Помимо значительного сокращения линейных размеров устройства [11, С.46, 12, С.11, 13, С.82] можно упростить сборку изделия. Для многих технических устройств очень важно взаимное пространственное расположение сборочных элементов, это отдельная процедура сборки. При использовании технологии трехмерного моделирования сама форма основания базовой детали задает положение сборочных элементов, тем самым сокращая и упрощая процедуру сборки и обработки.

Рассмотрим целесообразность применения аддитивных технологий, которые сокращают время преобразования исходной информационной модели устройства (изделия) в трехмерную модель, для сложных сборных систем. Традиционные методы механообработки изделия осуществляются путем «вычитания» материала из массива заготовки изделия. В аддитивных технологиях (Additive Fabrication (AF) или Additive Manufacturing (AM)) применяются методы получения изделия «добавлением» (аддитивный метод), прототипированием (метод послойного синтеза), и все методы синтеза деталей и конструкций – прототипов, опытных образцов, серийных изделий. В основе аддитивных технологий – цифровые технологии, с помощью которых осуществляется цифровое описание изделия и строится трехмерная компьютерная модель. Создание цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифро-

вой модели осуществляется с помощью технологий 3D-печати, которые устраняют ограничения «псевдотрехмерного рисунка», созданного с помощью компьютерных технологий трехмерного моделирования. Созданный таким образом прототип изделия можно использовать в качестве опытного образца (макета) для отработки изделия на этапе проектирования и оптимизации его параметров.

Обычно предпроектная апробация и отработка изделия проводится при сборке макетов изделий в металле. В случае неудовлетворительных результатов при сборке и апробации возможно повторное изготовление деталей и сборочных единиц, изменивших свою геометрию в процессе увязки компоновки изделия, что удваивает стоимость описанного процесса (возможны и дополнительные затраты после повторно проведенной отработки). Способ замены конструкторских металлических макетов макетами, изготовленными с помощью технологии 3D печати в пластике, выполняющих те же функции, что и обычные металлические макеты, позволяет сократить затраты в 10-15 раз на разработку и ускорить процесс изготовления макетов [14, С.401].

Однако применение аддитивных технологий для изготовления 3D-макета изделия в пластике для последующей его отработки не всегда целесообразно. Изделие может состоять из различных сборочных единиц: клапаны, регуляторы, элементы силовой схемы (кронштейны, опоры) и элементы крепежа (болты, гайки). Если в изделии присутствуют трубопроводы для соединения отдельных узлов и агрегатов, то соединить концевые элементы трубопроводов с ответными элементами трубопроводов с использованием 3D-пластика затруднительно, лучше заменить их металлическими трубами. Но при этом надо уменьшить массогабаритные размеры этих труб (например, толщину трубы) для того, чтобы снизить нагрузку на несущие элементы макета, выполненные из пластика. В связи с трудоемкостью выполнения 3D-моделей крепежа с «прорисованной» резьбой также предпочтительнее использовать металлический крепеж. Это дополнительное время и дополнительные материалы.

При прототипировании электротехнических устройств (например, электропривода, трансформатора) невозможно обеспечить нужную плотность укладки электрических обмоток.

Таким образом, аддитивная технология 3D-печати на современном этапе развития не позволяет создать на 3D-принтере прототипы сложных технических устройств, в составе которых имеются резьбовые соединения, трубопроводы малого сечения [14, С.402], электрические обмотки. Упрощение создания цифровой модели с помощью 3D-сканирования также не возможно для вышеперечисленных изделий.

При оценке эффективности по сравнению с макетами необходимо учитывать, что ценным становится владение не деталью (изделием), а его информационной моделью (цифровой информацией), а также возможность воспроизвести эту цифровую информацию либо в виртуальной среде, либо напечатать с помощью аддитивных технологий.

Отработку и корректировку параметров для устройств и изделий, которые трудно прототипировать с помощью аддитивных технологий, целесообразно провести с помощью методики, подробно описанной автором в работах [8, С.5, 9, С.6, 12, С.614, 13, С.4, 15, С.3]. Методика заключается в создании цифровой модели устройства на основе базовой модели, создании трехмерной компьютерной

геометрической модели и конвертировании ее в специализированный расчетный пакет для нахождения оптимальных по выбранному критерию параметров функционирования. Далее рассматривается применение построенных компьютерных геометрических моделей для упрощения технологического процесса сборки.

Разработка инструкции технологического процесса сборки с применением технологий трехмерного моделирования

Пример традиционной веерной сборки приведен на рисунке 3, пример веерной сборки с использованием современных технологий 3D-моделирования – на рисунке 4.

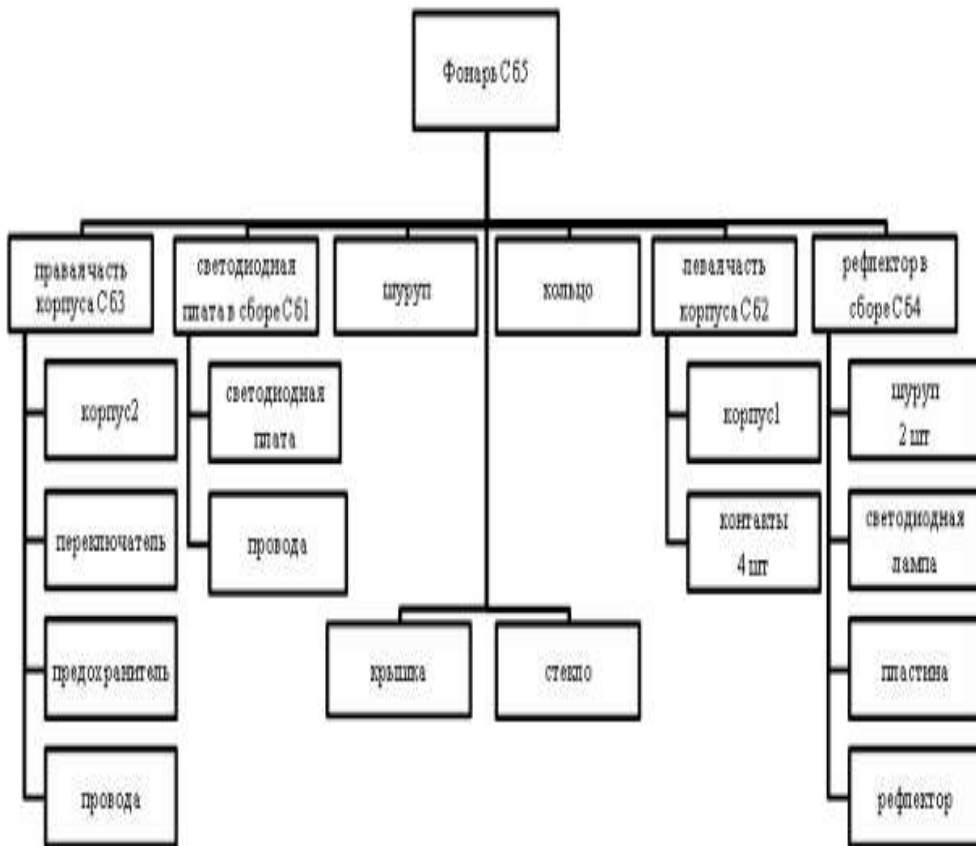


Рисунок 3 – Пример традиционной веерной сборки осветительного устройства

Анализ изображения веерной сборки на рисунке 5 показывает, что при использовании трехмерных компьютерных геометрических моделей появляются дополнительные возможности анализировать различные варианты компоновки элементов устройств, осуществлять системный анализ элементов, устройств и системы в целом, в которую входят эти устройства, на любом уровне сложности, а также выбирать параметры устройств. Однако последовательность сборки в схеме «веерного типа» даже с использованием компьютерных моделей не будет

отражена. Использовать такую сборку можно в дополнение к существующим технологическим процессам сборки в виде приложений, которые выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ к чертежам.

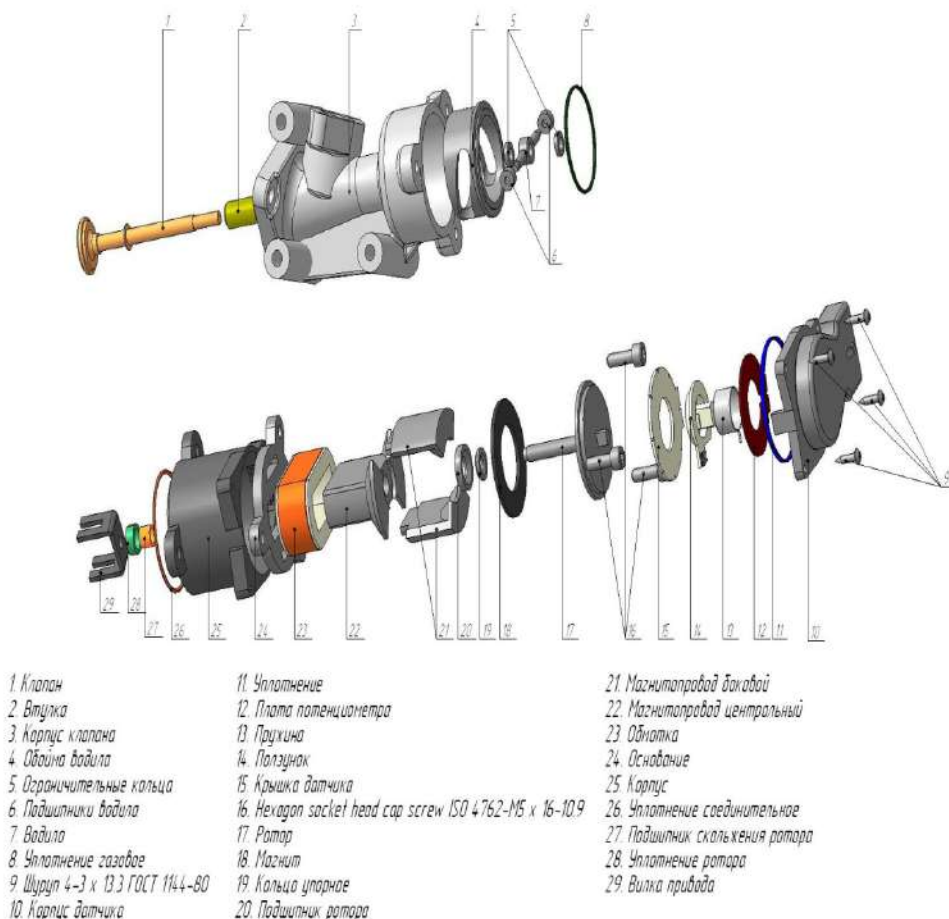


Рисунок 4 – Пример верной сборки клапана рециркуляции с использованием трехмерных компьютерных моделей

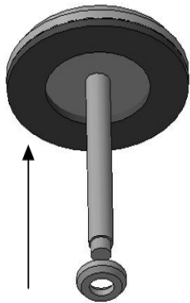
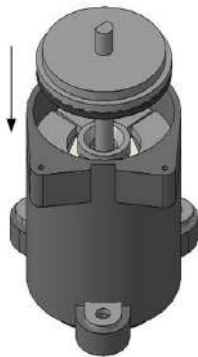

Предлагается заменить чертежи (подобно чертежам, приведенным на рисунках 1 и 2) визуально-наглядной инструкцией для описания технологического процесса, выполненных в виде таблицы на одном-двух листах. Требования КД будут написаны в допустимой упрощенной форме. Большинство операций в стандартных технологических процессах расписывается на 3-5 чертежных листов. При представлении процесса сборки 1-2 листами с использованием различных методов визуализации для ускорения понимания конструкции устройств и технологического процесса сборки повышается скорость сборки.

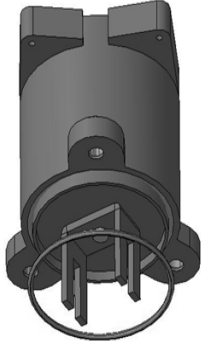
В таблице 2 приведен фрагмент визуально-наглядной инструкции сборки, в которой базовой деталью является электромеханический клапан рециркуляции.

Направление движения деталей и узлов показано стрелками.

Моделирование устройства в трехмерной среде позволяет более точно определить массогабаритные характеристики и улучшить их путем совершенствования компоновочной схемы. При конвертировании трехмерных моделей в специализированный программный пакет есть возможность подобрать с помощью программных средств материалы моделируемых изделий (устройств), использование которых позволяет уменьшить размеры, массу.

Таблица 2 – Фрагмент технологического процесса сборки клапана рециркуляции с использованием трехмерных компьютерных моделей

№ операции	Наименование операции и описание	Оборудование	Приспособления, инструмент	Эскиз
050	<u>Монтажная</u> Одеть на ротор упорное кольцо фаской снаружи.	Стол монтажный	Перчатки х/б ТУ-205, спецтара, спецоправка	
055	<u>Монтажная</u> Вставить ротор в корпус сверху.	Стол монтажный	Перчатки х/б ТУ-205, спецоправка, спецтара	
060	<u>Прессовая</u> Запрессовать вилку привода на ротор.	Пресс AP-5	Перчатки х/б ТУ-205, спецтара, спецоправка	

065	<p><u>Монтажная</u> Установить в нижней части уплотнение корпуса электропри-вода на посадочное место</p>	<p>Стол монтажный</p>	<p>Перчатки х/б ТУ-205, спецплавка, спецтара</p>	
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Экономический эффект от мероприятия по снижению массы проектируемого изделия определяется:

$$\mathcal{E}_{\text{мат}} = (Q_{\text{баз}} - Q_{\text{пл}}) \cdot \mathcal{C} \cdot K_{\text{прип}}, \quad [\text{руб.}/\text{шт}]. \quad (1)$$

где $Q_{\text{баз}}$ – масса базового изделия; $Q_{\text{пл}}$ – масса проектируемого изделия; \mathcal{C} – оптовая цена материала (например, металла) за 1 кг, руб.; $K_{\text{прип}}$ – коэффициент, учитывающий припуск на обработку материалов ($K_{\text{прип}} = 1,25 \dots 1,35$)

Таким образом, использование современных технологий обработки информации в трехмерных средах применимо не только к технологии сборки и обработки изделий (устройств) и оптимизационных расчетов, но и возможен полный переход на новые стандарты КД с использованием методов визуализации с применением стандартных 3D-образов.

На предприятиях градообразующих предприятий города Королева Московской области и многих других предприятий КД ведется на основе методологии нисходящего проектирования с запуском в производство документов в виде аннотированных трехмерных моделей [4, С.10]. Разрабатываемая в таком виде КД содержит всю необходимую информацию о геометрии, размерах и технических требованиях. Параллельно созданию модулей данных об изделиях в специализированном программном обеспечении на основе 3D-моделей создаются необходимые мультимедийные файлы, которые также можно использовать при технологическом процессе сборки.

Выводы

Предложенный подход визуально-наглядной инструкции сборки с использованием современных технологий обработки информации в виде аннотированных 3D-моделей позволит не вникать в сложность чертежей и обозначить подходящую деталь, которую проще найти визуально, а не на чертежах. Целесообразность применения аддитивных технологий прототипирования для сокращения времени создания цифровой модели трехмерного объекта зависит от особенностей и сложности конструкции собираемого изделия. Определена аналитическая зависимость для расчета экономического эффекта от мероприятия по сни-

жению массы и размеров проектируемого в трехмерных средах устройства.

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. – 174 с.
2. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Журнал «Промышленный сервис». – 2009. – №4(33). – С. 3 – 10.
3. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: учебное пособие [Текст] / И. Э. Грибут, А.А. Ларионова, В. М. Артюшенко, М. В. Виноградов, Е. В. Поворина // Москва. – 2008. – 260 с.
4. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С., Аббасов, А. Э. Условия эффективного применения виртуальных лабораторий для инженерного образования: сб. тр. по материалам II-ой международной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные технологии в современном образовании» 19.12.2014 [Текст] / Королев МО, Финансово-технологическая академия. – ФТА: Изд-во «Алькор Паблшерс». – 2015. – С. 12 – 19 (456 с.).
5. Аббасова, Т. С., Двоглазов, Д. М., Гузнаев, Т. Ю. Методы интерактивного анализа данных в телекоммуникационных системах: сб. ст. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» [Текст] / сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер». – ФТА. – 2014. – С. 3 – 8 (426 с.).
6. Аббасов, А. Э. Проблемы моделирования переходных электромагнитных процессов оборудования системы рециркуляции автомобиля [Текст] / А. Э. Аббасов, Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС. – 2014. – С. 7 – 12 (272 с.).
7. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Визуализация и анализ информации при построении 3D-моделей данных для микропроцессорной системы управления: сб. ст. 14-ой Международной научно-практической конференции «Микропроцессорные, аналоговые и цифровые системы: проектирование и схемотехника, теория и вопросы применения»: Южно-Российский государственный политехнический университет // Новочеркасск. – ЮРГПУ. – 2014. – С. 3 – 4 (52 с.).
8. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Разработка и исследование 2D и 3D-моделей при проектировании системы управления рециркуляцией автомобиля: materials of X International scientific and practice conference, «Modern European science», June 30 – July 7, 2014. Volume 16. Modern information technologies / Sheffield. Science and education LTD. – С. 5 – 8 (104 с.).
9. Аббасов, А. Э., Аббасова, Т. С. Оптимизационное моделирование: постулаты прошлого и теории нового времени: сб. ст. 2-ой международной научно-

-
- практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» // Россия, г. Екатеринбург. – 12-13.09.2014. – С. 6 – 8 (150 с.).
10. Боковой, Ю. В., Четкин, В. А. Повышение эффективности трехмерного моделирования: сб. ст. 2-ой международной научно-практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» // Россия, г. Екатеринбург, 12-13.09.2014. – С. 9 – 11 (150 с.).
 11. Аббасов, А. Э. Разработка и конвертирование компьютерных геометрических моделей устройств системы управления рециркуляцией отработавших газов автомобиля // Мир транспорта. – 2015. – №1. – ISSN 1992-3252.
 12. Аббасов, А. Э. Разработка методики 3D-моделирования оборудования системы управления рециркуляцией выхлопных газов автомобиля [Текст] / А. Э. Аббасов, Т. С. Аббасова // Информационно-технологический Вестник. – №1(01). – 2014. – С. 3 – 12. ISSN 2409-1650.
 13. Аббасов, А. Э. Конвертирование трехмерных компьютерных геометрических моделей для оптимизации параметров моделируемых устройств [Текст] / А. Э. Аббасов // Компьютерные исследования и моделирование. – Том 7. – № 1. – 2015 – С. 81-91.
 14. Панченко, В. А. Применение аддитивных технологий при проектировании изделий и блоков для ракетно-космических систем: тезисы докладов XX-ой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов // Россия, г. Королев, Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева. – 10-14.11.2014. – С. 400 – 402 (707 с.).
 15. Аббасов, А. Э. Расчёт параметров клапана системы рециркуляции в программной среде Maxwell 14.0 [Текст] / А. Э. Аббасов // Информационно-технологический Вестник. – №2(02). – 2014. – С. 3 – 10.

Совмещение управляющих и измерительных функций при интерактивном управлении телекоммуникационными системами

Т.С. Аббасова, к.т.н., доцент,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены проблемы аппаратно-программного совмещения управляющих и измерительных систем с телекоммуникационными системами; предложены организационно-технические мероприятия для обеспечения активного управления параметрами удаленного оборудования соответствующими инженерными системами; помехоустойчивости оборудования ВК и телекоммуникационной инфраструктуры к действию ЭМП; предложены аналитические соотношения и графоаналитические зависимости для оценки воздействия ЭМП на отказоустойчивость телекоммуникационной инфраструктуры и энергетические характеристики сигналов.

Электромагнитная совместимость, высокие частоты, средства интерактивного управления.

Combination of Control and Measuring Functions at Interactive Control Telecommunication Systems

T.S. Abbasova, Ph.D., Associate Professor,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The problems of the hardware and software combination of control and measurement systems to telecommunications systems; proposed organizational and technical measures to ensure the active management of the relevant parameters of remote equipment engineering systems; VC immunity of the equipment and telecommunication infrastructure to the action of EMF; The analytical ratios and Graphic analytical dependence to assess the impact of EMF on resilience of telecommunications infrastructure and energy characteristics of signals.

Electromagnetic compatibility, high frequencies, means of interactive management.

Проблемы развития систем интерактивного управления телекоммуникационной инфраструктурой

Замена устаревших систем мониторинга для интерактивного управления телекоммуникациями в рамках тенденций по унификации и централизации связана не только с процессами укрупнения операторов за счет приобретения небольших телекоммуникационных сетей с разнородным оборудованием, но и с новыми функциями современных систем мониторинга, совмещающих функции измерительных, управляющих и телекоммуникационных систем. При централизации систем мониторинга и интеграции телекоммуникационных, измерительных и управляющих систем большое значение имеет качество функционирования центра обработки данных (вычислительного комплекса (ВК)) [1, С.6, 2, С.11,

3, С.23]. ВК характеризуется высокой степенью интеграции электронных устройств, что приводит к снижению его помехоустойчивости к воздействию электромагнитных факторов различного происхождения.

При аппаратно-программном совмещении управляющих систем с телекоммуникационными сетями, обеспечении дистанционного доступа к измерительному оборудованию необходимо решить проблемы качественного и количественного расширения функциональных возможностей систем мониторинга до информационных управляющих систем. Проблемы заключаются в увязывании в единую систему большого числа различных измерительных и управляющих устройств, удаленных друг от друга на большие расстояния; обеспечении активного управления параметрами удаленного оборудования соответствующими инженерными системами [4, С.24, 5, С.38, 6, С. 40]. Существующие организационно-технические решения систем мониторинга основаны на измерительных средствах контроля, как правило, выпускающихся, по отдельности (производители монтажных шкафов – средства для контроля физического доступа, поставщики источников бесперебойного питания – системы управления электропитанием и т. д.); характеризуются применением прикладных программных средств, в задачи которых входит только контроль сетевых соединений, без контроля параметров телекоммуникационного оборудования, в том числе электромагнитной совместимости (ЭМС). С помощью таких технических решений можно контролировать оборудование только небольших систем, они не предназначены для массового применения.

Актуальна интеграция управляющих и телекоммуникационных систем путем аппаратно-программного совмещения и разработки эффективных средств удаленного визуального контроля параметров телекоммуникационной инфраструктуры для снижения эксплуатационных расходов, повышения эффективности использования сетевых ресурсов, улучшения характеристик надежности.

Предупреждение угроз информационной безопасности в интегрированных телекоммуникационных системах

Типовая схема взаимосвязи ВК с подсистемами мониторинга, передачи данных, информационной безопасности, резервного копирования и восстановления данных о состоянии телекоммуникационной инфраструктуры, а также с инфраструктурными сервисами, приведена на рисунке 1.

Наиболее характерными примерами электромагнитных помех (ЭМП) на оборудование ВК и телекоммуникационной инфраструктуры могут быть такие явления, как сбой в каналах связи, потери информации в телекоммуникационных сетях, отказы всей системы мониторинга и управления телекоммуникациями [7, С.17]. Для контроля ЭМП проводится анализ параметров искажений информационного потока в условиях воздействия ЭМП. Отличительной чертой воздействия ЭМП на оборудование ВК и телекоммуникационную инфраструктуру является не физическое разрушение элементной базы и каналов связи, а нарушение логической целостности информации, передаваемой по этим линиям связи и обрабатываемой вычислительным комплексом [8, С. 53].

Оценка устойчивости ВК и телекоммуникационной инфраструктуры к действию ЭМП включает в себя определение параметров и последующую оценку воздействия этих ЭМП на работоспособность отдельных элементов и узлов ВК и системы мониторинга в целом.

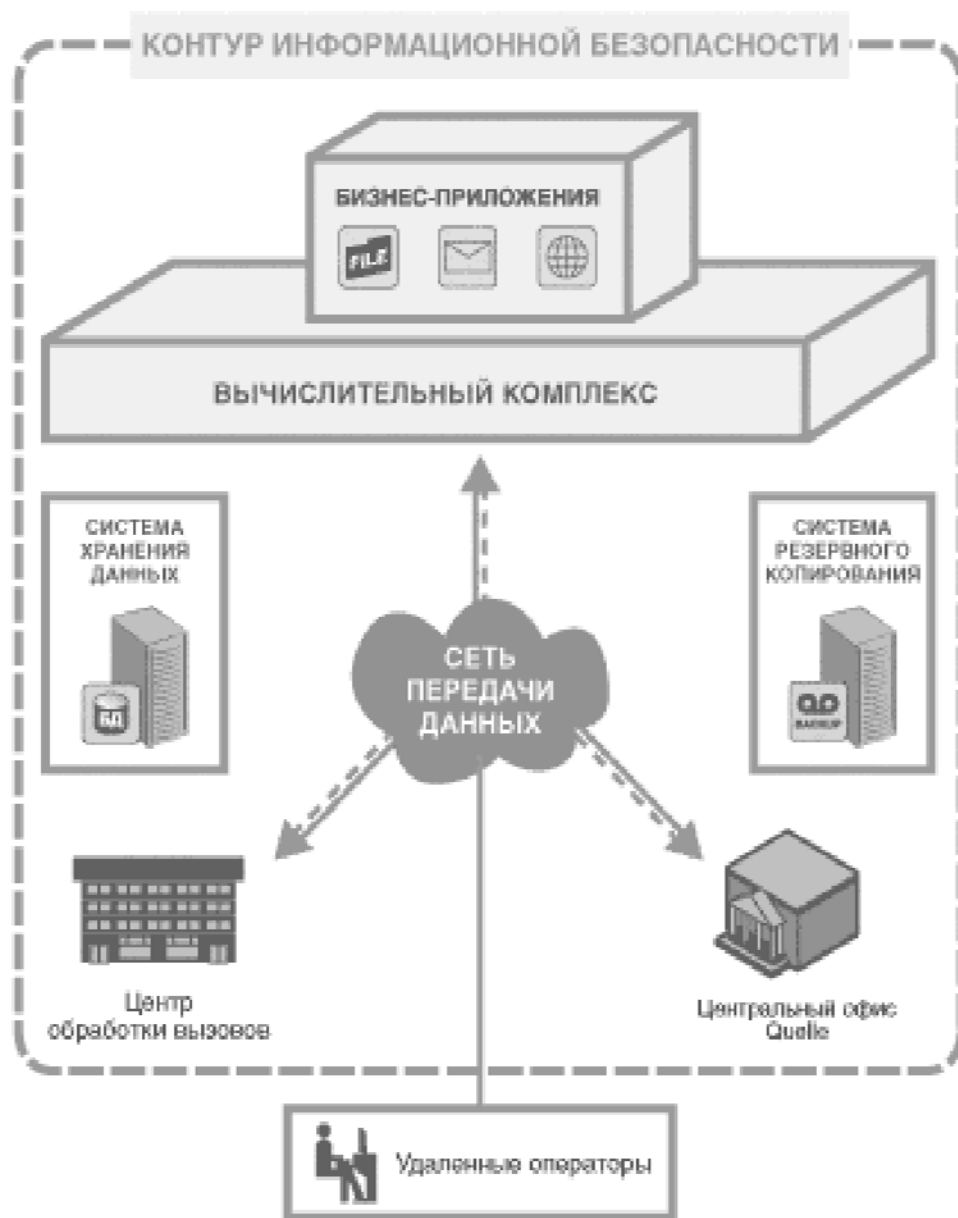


Рисунок 1 – Типовая схема ВК для подсистем телекоммуникационной инфраструктуры

Методы совмещения телекоммуникационных и измерительных систем, участвующих в мониторинге, должны обеспечивать высокую надежность функционирования оборудования и каналов связи, предупреждение (и в идеале, устранение в автоматическом режиме) угроз информационной безопасности. Для снижения риска сбоев телекоммуникационной аппаратуры и программного обеспечения, нештатных ситуаций, аварий, катастрофических последствий осуществляется аварийное планирование. На рисунке 2 приведена структура и назначение

систем, параметры которых необходимо контролировать с помощью измерительных средств, которые необходимо включить в аварийное планирование.

При централизованном размещении вычислительных ресурсов интегрированных телекоммуникационных и измерительных систем легче осуществить функционирование перечисленных на рисунке 2 систем, поэтому разработка специализированных вычислительных комплексов ВК (часто называемых в литературе центрами обработки данных) целесообразна не только с экономической точки зрения, но и в плане проведения мероприятий по техническому обслуживанию. Для ВК наиболее актуальны вопросы планирования системы «климат-контроль» для охлаждения оборудования, осуществления бесперебойного электропитания и электромагнитной совместимости телекоммуникационного оборудования и средств вычислительной техники.



Рисунок 2 – Структура систем аварийного планирования

При организации аварийного планирования назначается координатор работ по аварийному планированию, который должен учитывать одиночные, постепенные, внезапные отказы оборудования, а также выход из строя всего комплекса оборудования, размещенного на основной площадке ВК. При разработке аварийного генерального плана следует ориентироваться на самый наихудший сценарий – полную утрату здания ВК с оборудованием в результате любой из чрезвычайных ситуаций. План должен предусматривать услуги DRS (от англ. Disaster Recovery Services – услуги по восстановлению критически важных бизнес-процессов клиента в случае катастрофы) под управлением специального центра Disaster Recovery Center (DRC), оснащенного самыми современными средствами обеспечения физической и информационной безопасности. Оцениваются следующие параметры [2, С.13]: RTO (Recovery Time Objectives) – требования к срокам восстановления деятельности; MOR (Minimum Operating Requirements) – минимальные операционные требования для восстановления деятельности; RPO

(Recovery Point Objective) – требования к объемам восстановленных данных.

Эти параметры задаются в соответствии с требованиями к системе быстрого восстановления данных и работоспособности ключевых сервисов телекоммуникационных систем:

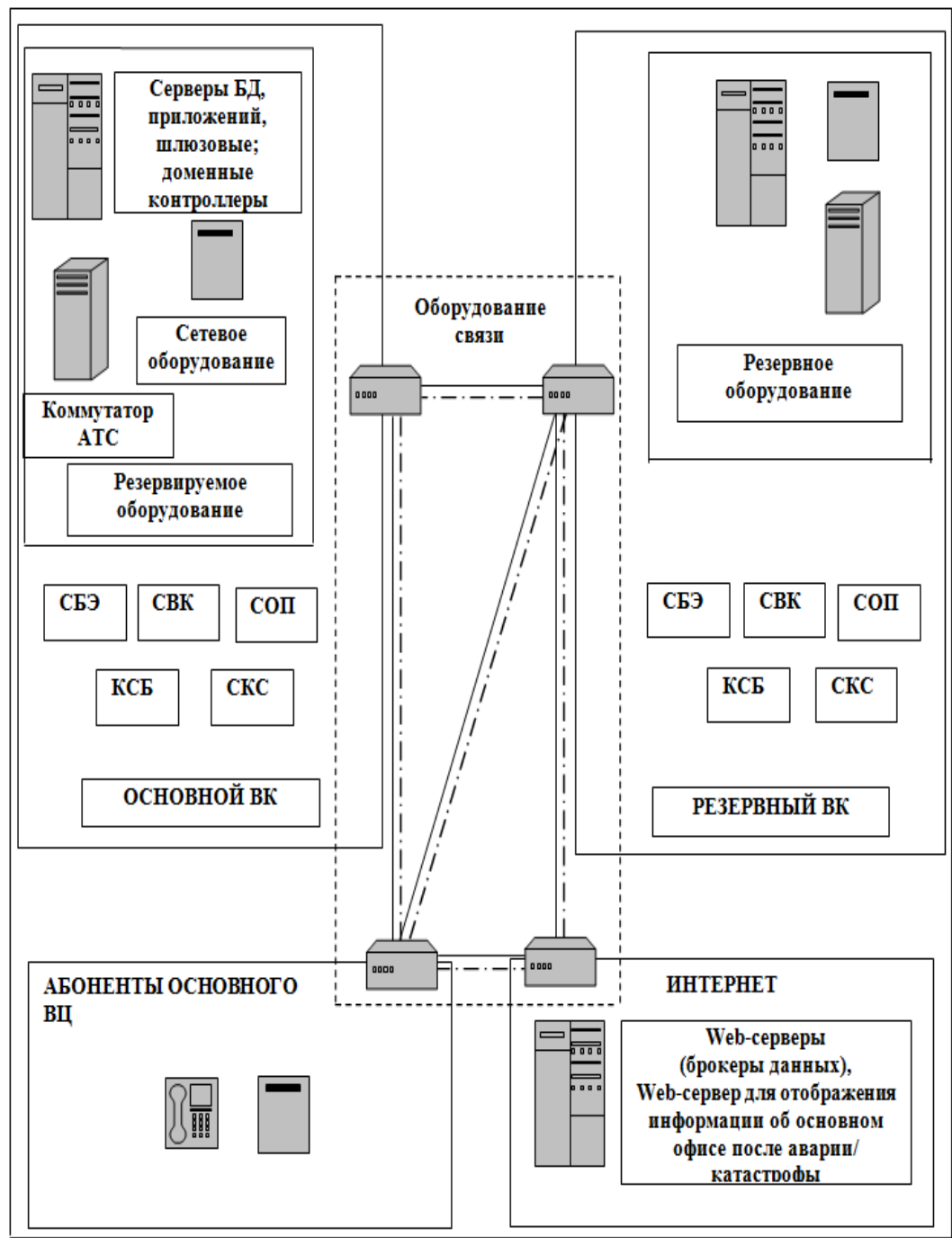
- время восстановления работоспособности информационных систем не более 1 часа с минимальными потерями данных или без потерь;
- соответствие минимальных операционных требований для резервного копирования и тиражирования баз данных MS SQL, файловых серверов, почтовых сервисов и специализированного финансового ПО (программного обеспечения);
- объем тиражируемых приложений достигает сотен гигабайт и терабайт (например, типичный размер избыточной резервной копии доходит до 1 терабайта);
- система должна быть сертифицирована по стандарту ISO 9001.

Резервирование данных (в электронном виде) – это доставка в центр, хранение, постоянное обновление, восстановление на территории DRC корпоративных данных клиента и незамедлительное предоставление доступа к ним в момент наступления аварийного события. Услуги DRS подразумевают создание резервного ВК (его также часто называют «резервный офис»). В соответствии с указанными характеристиками проектируются основной и резервный ВК, структурная схема их организации представлена на рисунке 3. На рисунке 3 приняты следующие обозначения: СБЭ – система бесперебойного электроснабжения; СВК – система вентиляции и кондиционирования; СОП – система обнаружения пожара; КСБ – комплексная система безопасности; СКС – структурированная кабельная сеть.

Web-узел отображает информацию о компании после катастрофы при наихудшем варианте сценария. Если системы работают нормально, то с помощью вычислительных ресурсов резервного ВК осуществляется удаленная диагностика основного ВК и другие задачи.

Резервный ВК может обслуживать несколько основных ВК, наиболее важные функции основного ВК могут быть продублированы в нескольких резервных ВК. При передаче обслуживания применяется децентрализованное управление для повышения надежности.

План реагирования на аварийные ситуации различной степени сложности (входящего в аварийное планирование), составляется с учетом данных таблицы 1.



— основные каналы
 - - - резервные каналы

Рисунок 3 – Принцип построения основного и резервного вычислительных комплексов

Мероприятия по устранению последствий чрезвычайных ситуаций при хранении, обработке и передаче данных в телекоммуникационных системах:

- 1) стратегия резервного копирования данных;
- 2) резервирование источника бесперебойного питания (ИБП) и оборудования;
- 3) мониторинг (установка приборов и программ оповещения о состоянии сетевых элементов);
- 4) подробные списки (оборудования, приложений, поставщиков, заказчиков);
- 5) схема сети;
- 6) связь с удаленным резервным ВК при аварии;
- 7) Назначение координатора по послеаварийному восстановлению, распределение сотрудников по группам восстановления;
- 8) Построение Web-узла для отображения информации о компании после аварии/катастрофы.

Стратегия резервного копирования данных позволяет сделать полные резервные копии всех важных серверов и данных. С помощью мониторинга системы хранения данных осуществляется наблюдение дисковых систем, процессоров, оперативной памяти. Для мониторинга используются утилиты Performance Monitor, информация собирается ежедневно и объединяется в еженедельные отчеты.

Оповещение о критических событиях (остановка и перезапуск сервисов, угроза исчерпания дискового пространства, переполнение очереди памяти и т. д.) происходит в режиме реального времени. По итогам мониторинга осуществляется разработка технических решений для реконфигурации сетевого оборудования или сжатия данных, что позволит повысить пропускную способность отдельных каналов связи, снизить объем трафика, а также сократить сбои драйверов.

Подробные списки подразумевают документирование оборудования, структуры сети, приложений, технических и деловых процедур. При построении схемы общей сети необходимо разработать детальные диаграммы сетей в организации (физическая разводка сети). Необходимо наличие удаленного резервного офиса не только на случай аварии, но и для проведения диагностических работ основного офиса с помощью средств удаленного мониторинга, находящихся в резервном офисе (в ряде стран Европы это решение принято на правительственном уровне).

Таблица 1 – Классификация уровней аварийных ситуаций в ВК

Номер уровня	Время простоя, час	Типичные причины	Доступность территории предприятия	Последствия для предприятия
1	2	3	4	5
1	≤ 4	Отказ одной или нескольких рабочих станций	да	Включение для работы части вычислительных мощностей удаленного резервного офиса
2	≤ 24	Неполадки сервера, сетевого оборудования и структурированной кабельной системы, кратковременное отключение электроэнергии, атака хакеров	да	Сбои, самопроизвольное отключение или перезапуск устройств, выход из строя устройств, включение для работы части вычислительных мощностей удаленного резервного офиса
3	≤ 72	Авария производственного масштаба (затопление, длительное отключение энергии)	нет	Эвакуация части сотрудников и оборудования во временный офис, включение для работы части вычислительных мощностей удаленного резервного офиса. Замена части оборудования после удаления последствий аварии.
4	> 72	Террористический акт или стихийное бедствие (пожар, наводнение, цунами, землетрясение, война)	нет	Эвакуация всех сотрудников и оборудования во временный офис, включение для работы удаленного резервного офиса. Замена оборудования.

Координатор работ отвечает за объявление чрезвычайного положения, определение уровня бедствия, оценку и документирование ущерба, проверку каждой системы, которая потенциально могла подвергнуться нападению хакеров.

В удаленном резервном ВК хранится зеркальная копия Web-узла. Обновляемый экземпляр плана восстановления в формате PDF с защитой необходимых страниц процедурой регистрации хранится на сайте.

При проектировании ВК для обработки данных в первую очередь рассматривается надежность кабельной инфраструктуры, так как она должна функционировать на протяжении долгого времени (15...20 лет). Поэтому на ВК рас-

пространяется концепция структурированных кабельных систем, с учетом специфики центра и особенностей размещения и использования оборудования.

Базовая топология систем для обработки данных, соответствующая модульному размещению оборудования, показана на рисунке 4 (американский стандарт ANSI/TIA/EIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers).

Распределение оборудования по нескольким модулям позволяет повысить его физическую защищенность, а, следовательно, и надежность предоставляемого сервиса. При модульном подходе снижаются затраты на электроснабжение, кондиционирование, климат-контроль, обеспечивает масштабируемость инфраструктуры.

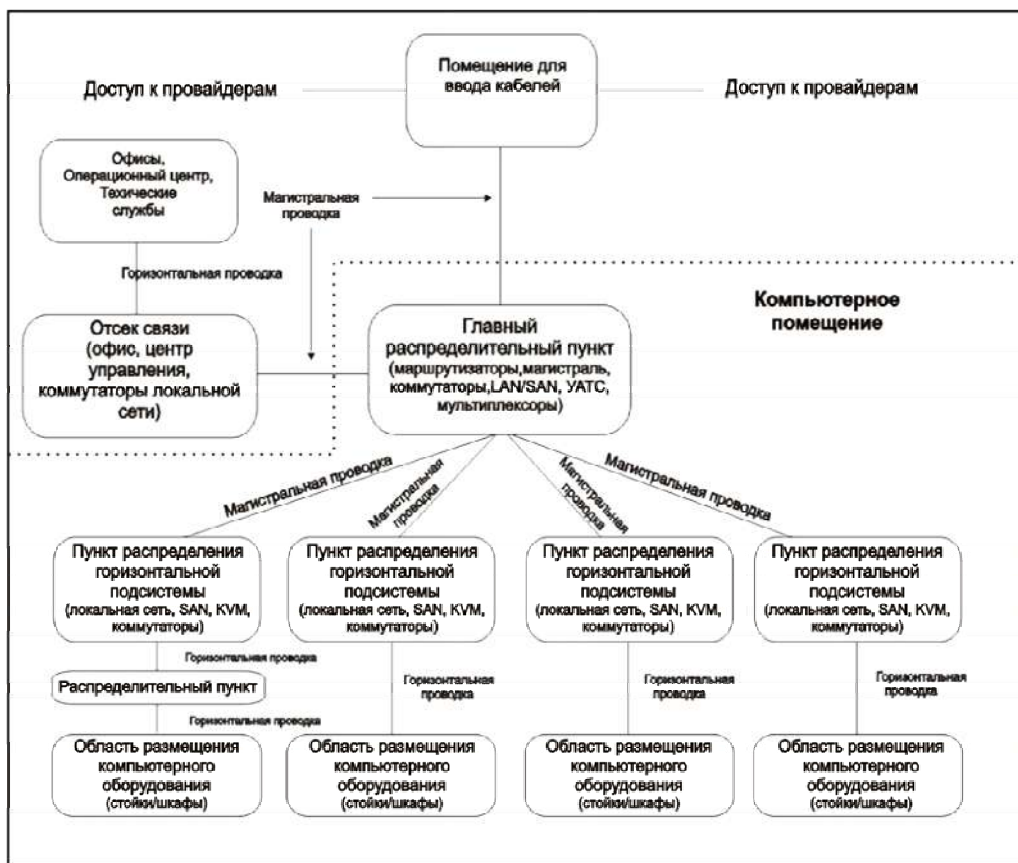


Рисунок 4 – Базовая топология ВК для обработки данных

Повышение надежности обмена информацией в интегрированных телекоммуникационных системах в условиях воздействия помех

Важной задачей информационной безопасности является обеспечение ЭМС. С учетом определенного измерительными системами уровня электромагнитных помех (ЭМП) тщательно прорабатываются мероприятия по обеспечению ЭМС телекоммуникационного оборудования и каналов связи. К скорости передачи данных ВК, осуществляющего централизованную обработку различных ти-

пов данных (сотовых сетей 4G, потокового видео, облачных сервисов) предъявляются высокие требования.

На уровне горизонтального распределения перечисленных сервисов массовое применение получили кабельные системы на основе витой пары, так как развитие электрической среды передачи (кабели категории 6а, 7, 7а, 8) позволили освоить скорости передачи, которые ранее реализовывались только оптоволоконной оптикой. В подсистеме внутренних и внешних магистралей применяются волоконно-оптические кабели.

Для оценки параметров высокоскоростной электрической среды передачи группой IEEE 802.3 подготовлены спецификации интерфейсов для передачи данных по кабелям из витых пар со скоростью 10 Гбит/с, для достижения которой по каждой из четырех пар горизонтального кабельного тракта (100 м, четыре точки коммутации) в двух направлениях должны передаваться сигналы со скоростью 2,5 Гбит/с. Скорость 2,5 Гбит/с позволяет организовывать стык между локальной сетью ВК и глобальными сетями АТМ, одна из иерархических ступеней которых имеет скорость передачи около 2,5 Гбит/с. Типичная дальность передачи в ВК для горизонтальных каналов составляет от 50...100 м, поэтому нет необходимости использовать оптические варианты сетевого интерфейса длиной от сотен метров до нескольких километров для достижения заданной пропускной способности. В таблице 2 приведена классификация электрических кабелей.

Таблица 2 – Спецификации электрической среды передачи СКС

Категория кабеля и разъема	Класс линии	Максимальная частота сигнала, МГц	Типовое сетевое приложение
1	А	0,1	Аналоговая телефония
2	В	до 1	Цифровая телефония, ISDN
3	С	до 16	Локальные сети (ЛС) до 10 Мбит/с: Token Ring и Ethernet 10Base-T, голосовые каналы, низкочастотные приложения, более 100 м
4	С	до 20	ЛС Token Ring (16 Мбит/с) и Ethernet 10Base-T, более 100 м
5	Д	до 100	ЛС до 100 Мбит/с (Fast Ethernet 100Base-TX), не более 100 м
5e	Д	до 125	ЛС до 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet 1000Base-T), не более 100 м
6	Е	до 250	Высокоскоростные сети передачи данных (СПД) 1000Base-T, 10GBaseT, не более 55 м
6а	ЕА	до 500	Высокоскоростные сети передачи данных (СПД) 1000Base-T, 10GBaseT, не более 100 м

<i>Продолжение таблицы</i>			
7	F	до 600	Высокоскоростные СПД 1000Base-T, 10GBase-T, сигналы кабельного телевидения, не более 100 м
7а	FA	до 1200	Высокоскоростные СПД 40GBase-T (не более 50 м), 100GBase-T (не более 15 м)
8	FA	до 1200	

Распространены следующие конструкции кабеля «витая пара» для приложений 10GBaseT: неэкранированный кабель UTP (от. англ. Unshielded Twisted Pair – неэкранированная витая пара) категории 6а (диаметр ~7,9 мм); экранированный кабель FTP (от. англ. Foiled Twisted Pair – экранированная витая пара) категории 6 (диаметр ~6,3 мм). Самое эффективное средство уменьшения взаимных электромагнитных влияний между электрическими кабелями – экранирование. При использовании экранированной элементной базы (в линейной части и на разъемах) с правильно выполненным заземлением экрана величина внешних переходных помех снижается до пренебрежимо малого уровня, а дальность передачи составляет 100 м. Дальность передачи неэкранированного кабеля «витая пара» категории 6 до 55 м, межкабельные наводки на 1...3 порядка больше двуправленных наводок и на 2...4 порядка больше пределов категории 6. В настоящее время неэкранированные кабели заменяются экранированными кабелями категории 7 (диаметр ~7,8 мм); дважды экранированные кабели категории 8 с медными проводниками (диаметр ~6,0 мм).

Модель горизонтальной кабельной системы на основе электрических кабелей «витая пара» спецификации 40GBaseT приведена на рисунке 5.

Интерфейсы тестирования реализуются в точках подключения активного оборудования для измерений. Активное оборудование включает коннектор MDI (от англ. Media Device Interface – интерфейс активного оборудования) и PHY (от англ. Physical layer – физический уровень, интегральная схема, предназначенная для выполнения функций физического уровня сетевой модели OSI). Функции MDI и PHY – уменьшение искажений сигнала при передаче и, как следствие, сокращение потребления энергии для его обработки. Искажения сигнала при передаче по кабелю «витая пара» зависят в первую очередь от наводок между парами NEXT (от англ. Near End Crosstalk – перекрестные помехи на ближнем конце) и ELFEXT (от англ. Equal Level Far End Cross Talk – равноуровневые перекрестные наводки на дальнем конце). С увеличением частоты сигнала в канале увеличивается уровень перекрестных наводок и усложняется наведенный сигнал, поэтому сложнее обеспечить требуемое качество услуг: скорость передачи 10...40 Гбит/с, коэффициент битовых ошибок BER (от англ. Bit Error Rate) на уровне 10^{-12} для передачи больших объемов информации.

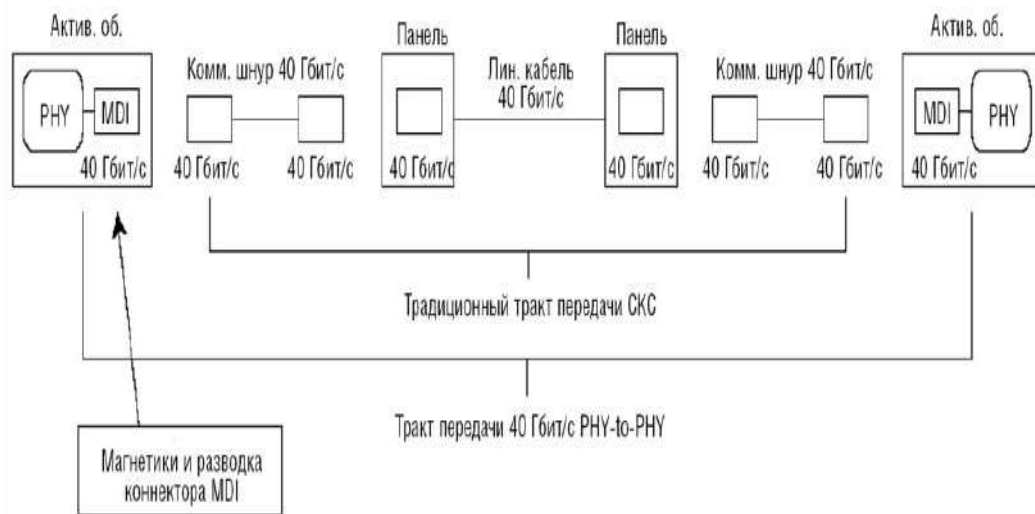


Рисунок 5 – Модель кабельной системы 40GbBaseT

Применение экранированной «витой пары» позволяет обеспечить помехозащищенность, что доказано результатами измерений наводок с помощью соответствующего тестирующего оборудования [2, С.12]. На рисунках 6-8 приведены построенные по результатам тестирования типовые зависимости затухания, суммарных перекрестных наводок (PSNEXT), отношения затухания к суммарным перекрестным наводкам от частоты (PSACR), для кабеля S/FTP категории 7 с индивидуальным экранированием пар, соответственно.

Как видно из зависимостей рисунков 6-8, погонное затухание с увеличением частоты растет, а переходное затухание уменьшается. Используя графические зависимости, можно выбрать в соответствии с показателем качества кабеля типа «витая пара», который определяется как логарифмическая разность между погонным и переходным затуханием, допустимую верхнюю граничную частоту передачи.

Исследования компании ITT NS&S показывают, что при переходе к приложениям 10...40 Гбит/с требуется улучшение конструкции разъемов и коннекторов, так как наводки разъемов и кабелей становятся сопоставимыми. При тестировании электрических трактов передачи необходимо учитывать требования к линейному кабелю и к разъемам в заданном диапазоне частот, заданные TIA Cat.8 (драфт 0.9 от 9 августа 2013) и ISO/IEC Class I (драфт N2121 от 17 апреля 2013).

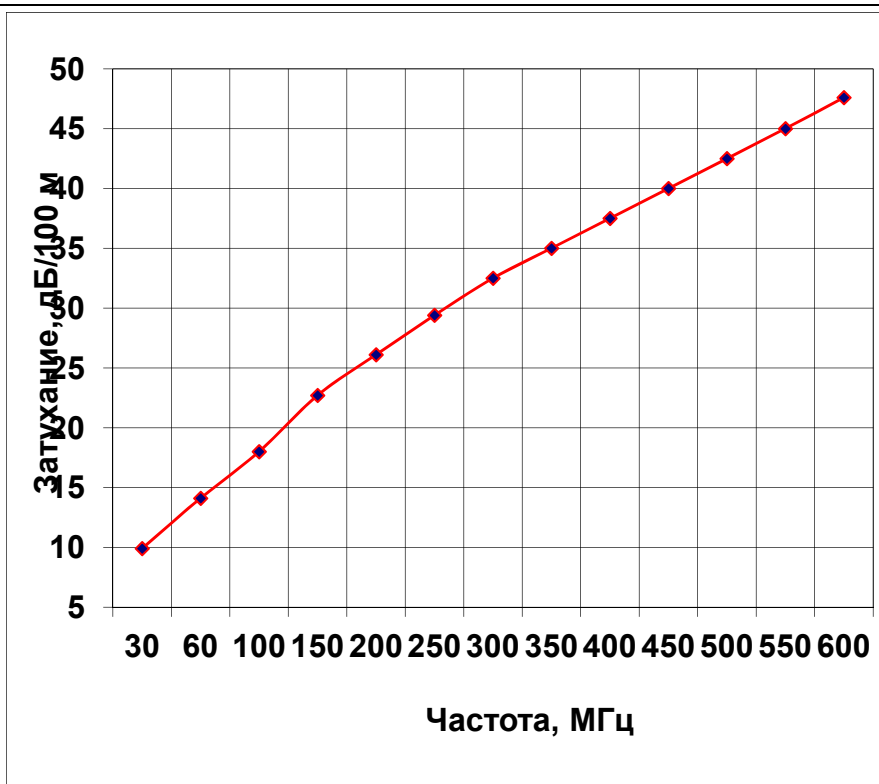


Рисунок 6 – Зависимость погонного затухания кабеля S/FTP категории 7 от частоты

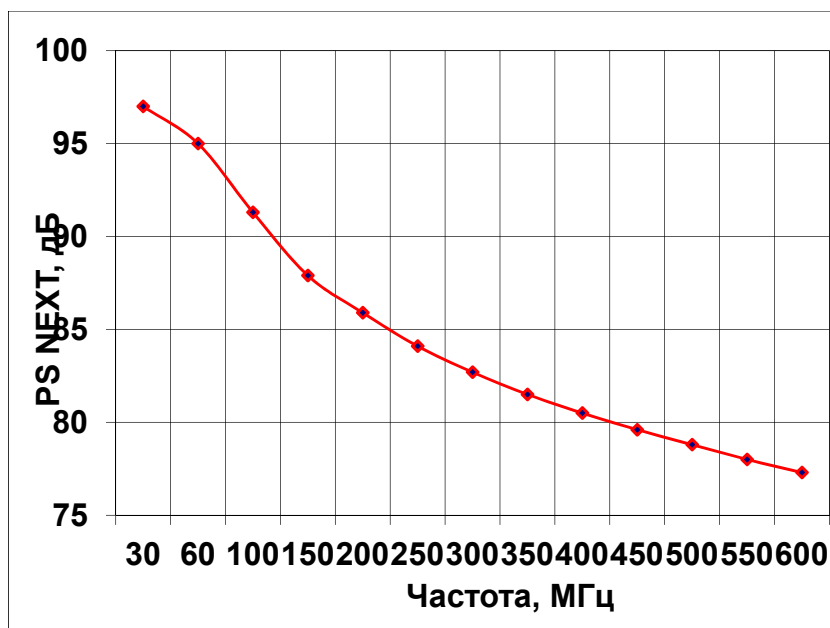


Рисунок 7 – Зависимость суммарных перекрестных наводок кабеля S/FTP категории 7 от частоты

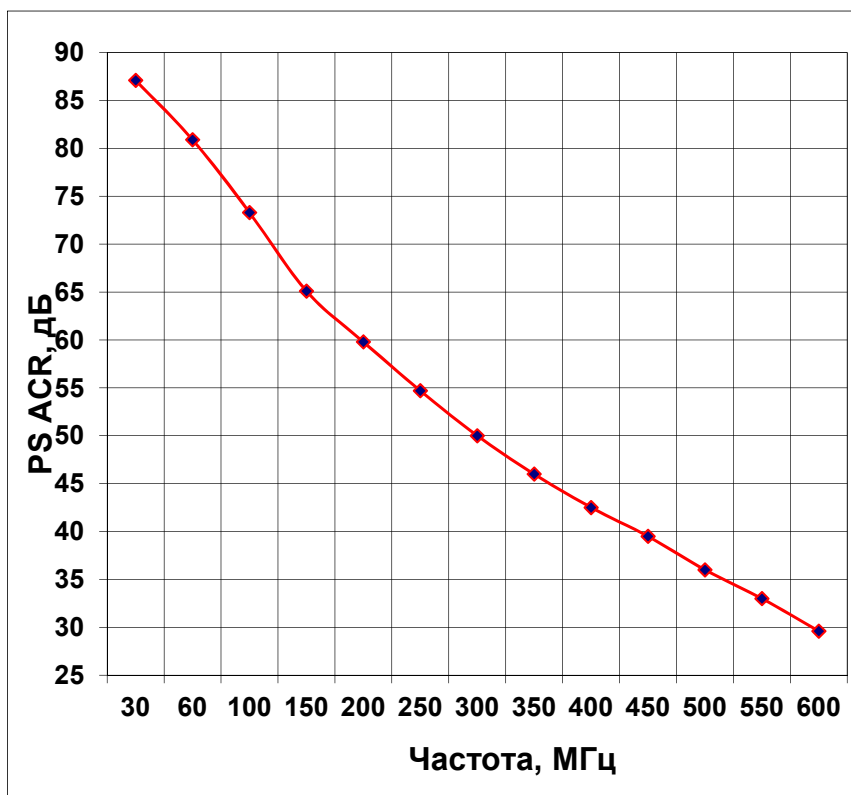


Рисунок 8 – Зависимость отношения затухания к суммарным перекрестным наводкам кабеля S/FTP категории 7 от частоты

При выборе основного интерфейса для активного оборудования MDI необходимо учитывать его широкую распространенность и привычный фактор. В полосе частот до 250 МГц применяется широко распространенный интерфейс RJ45. На высоких частотах для улучшения помехозащищенности необходимо использовать интерфейсы других типов, превосходящих возможности RJ45.

Предлагаемое техническое решение – интерфейс GG45, который в полосе частот до 250 МГц функционирует как обычный разъем RJ-45, на более высоких частотах схема соединения изменяется с помощью встроенного микропереключателя. В обоих случаях используется по восемь контактов, но во втором случае четыре контакта из «первой линии» выключаются, а подключаются четыре контакта из «второй линии», обеспечивая требуемую помехозащищенность.

При установке и тестировании интерфейсов для подключения активного оборудования необходимо учитывать необходимость демпфирования естественной деградации параметров соединителя в процессе эксплуатации главным образом вследствие механического износа в момент включения и отключения контактирующих между собой токопроводящих деталей вилки и розетки, а также их загрязнения.

Результаты тестирования, приведенные на рисунке 9, имеет частотный предел в 1000 МГц и обладает всеми особенностями, присущими интерфейсу GG45, который полностью соответствует жестким требованиям ISO/IEC Class II (драфт N2121 от 17 апреля 2013) в отношении 40GBaseT.

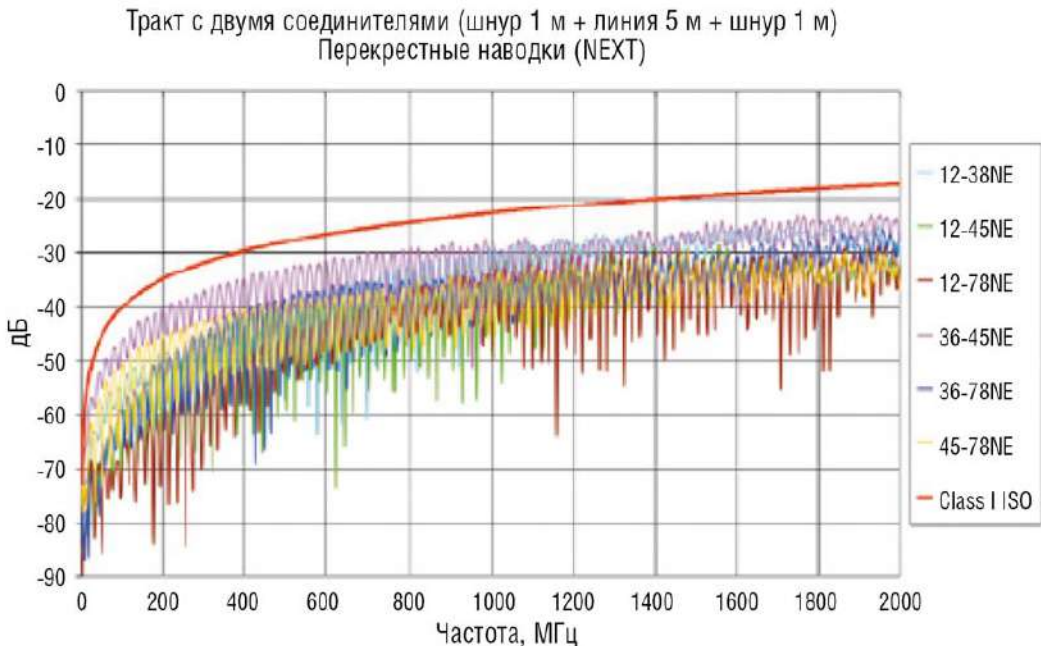


Рисунок 9 – Защищенность на ближнем конце (перекрестные наводки) тракта с двумя соединителями GG45

Оценивается мера величины отражения сигналов, вызываемого несоответствием импедансов компонентов кабельной системы – возвратные потери (Return Loss), определяющихся как отношение мощности основного сигнала к мощности обратного потока энергии. На рисунке 10 приведены результаты измерения возвратных потерь при использовании соединителей GG45.

Кроме электрических конструкций категорий 7, 7а, 8 в горизонтальной подсистеме возможна прокладка оптоволоконных кабелей, однако для систем «эконом-класс» достаточно электрических кабелей.

В подсистеме внутренних магистралей могут использоваться многомодовые волоконно-оптические кабели 62,5/125 или 50/125 мкм, одномодовые кабели (ANSI/TIA/EIA-568-B.3), коаксиальные кабели на 75 Ом (тип 734 и 735). Максимальная длина магистральных кабелей зависит от приложения и среды передачи и определяется в дополнении к стандарту.

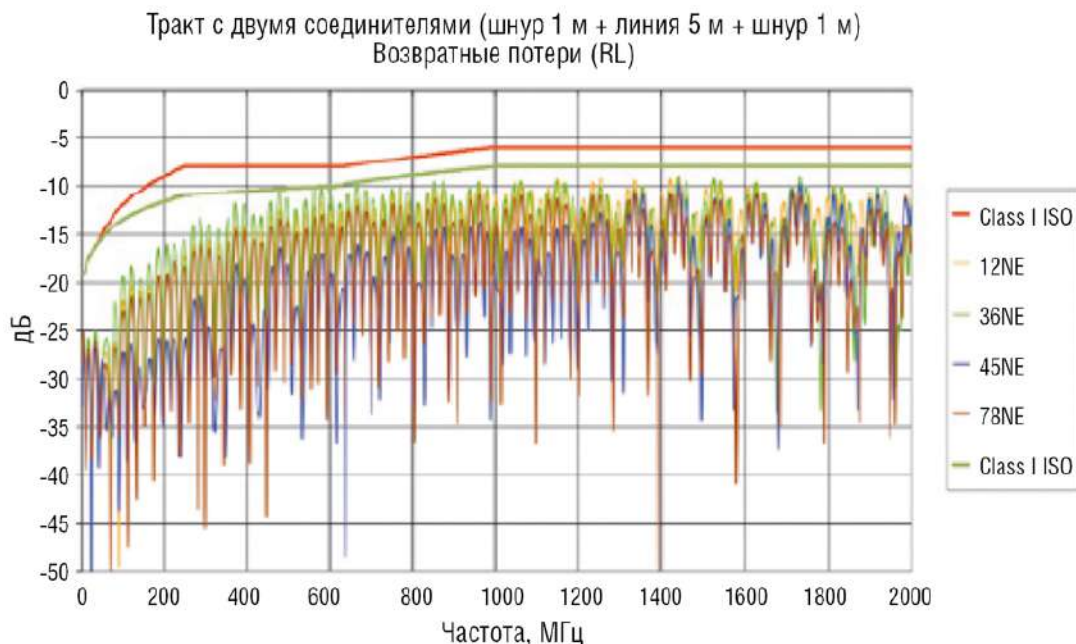


Рисунок 10 – Возвратные потери тракта с двумя соединителями GG45

Для подсистемы внешних магистралей ВК («доступ к провайдерам» на рисунке 3) средой передачи обычно служат оптоволоконные каналы связи (одномодовое волокно) и беспроводные каналы связи.

Классификация оптических каналов приведена в таблице 3. Буквы в конце обозначения оптического канала (например, 10Gbase-LX) характеризуют оптическое волокно:

- E – Extended (для глобальных или территориальных сетей, длина волны 1550нм);
- L – Long (для расстояний <10км при длине волны 1310нм, возможен вариант с многомодовым волокном длиной до 300м и привлечением техники волнового мультиплексирования);
- S – Short (для расстояний менее 35 м при длине волны 850нм; для волокон с 160 МГц*км длина <28м, а для 200МГц*км < 35м);
- R, W или X – тип кодирования.

При аварийных ситуациях уровня 4 (см. таблицу 1) необходимо резервировать оптоволоконные магистральные каналы связи, целесообразно использовать здесь беспроводные решения 4G [5, С.40].

Интерактивное управление кабельной инфраструктурой

Результаты мониторинга, проводимого в режиме реального времени, служат основой для интерактивного управления кабельной инфраструктурой.

К функциональным возможностям интерактивной системы управления необходимо добавить функции удаленного управления диагностикой, осуществляемой резервным ВК (например, совмещение с системами оптической трассировки и идентификации, в которых необходимо обеспечить поддержку автома-

тического обновления баз данных соединений [5, С.40]).

Таблица 3 – Спецификации оптической среды передачи

Категория кабеля и разъема	Класс линии	Максимальная частота сигнала	Тип кабеля	Типовое сетевое приложение
OM1 62,5/125	OF 300	до 300 МГц/км	многослойный кабель	высокоскоростные СПД 1000Base-SX 1000Base-LX 10GBase-SR
OM2 50/125	OF 500	до 500 МГц/км		
OM2+ 50/125	OF 1200	до 1200 МГц/км		
OM3 50/125	OF 2000	до 2000 МГц/км		
OM3+ 50/125	OF 4000	до 4000 МГц/км		
OS1 9/125	OF 5000	до 5000 МГц/км	одно-модовый кабель	высокоскоростные СПД 1000Base-LX

Разработки, относящиеся к области оптической идентификации и трассировки, имеют своей целью визуализацию конкретного коммутационного шнура, подключенного к панелям СКС и (или) активному оборудованию, как показано на рисунке 11). Основным технологическим преимуществом данного решения является то, что его применение в процессе текущей эксплуатации телекоммуникационной системы резко снижает вероятность ошибочного отключения и связанного с этим разрыва функционирующего тракта передачи при большом количестве шнуров на коммутационном поле. Таким образом, они решают всего одну, хотя и важную задачу: эффективно блокируют некорректный непреднамеренный разрыв действующего тракта передачи.

Средства визуальной идентификации созданы для того, чтобы реализовать принцип пассивного предупреждения о некорректно проведенной коммутации и осуществить визуальный контроль оборудования и каналов связи. Некорректно проведенная коммутация может привести к созданию отказа в работе сетевого оборудования, поэтому данное предупреждение следует расценивать как обнаружение предотказового состояния.

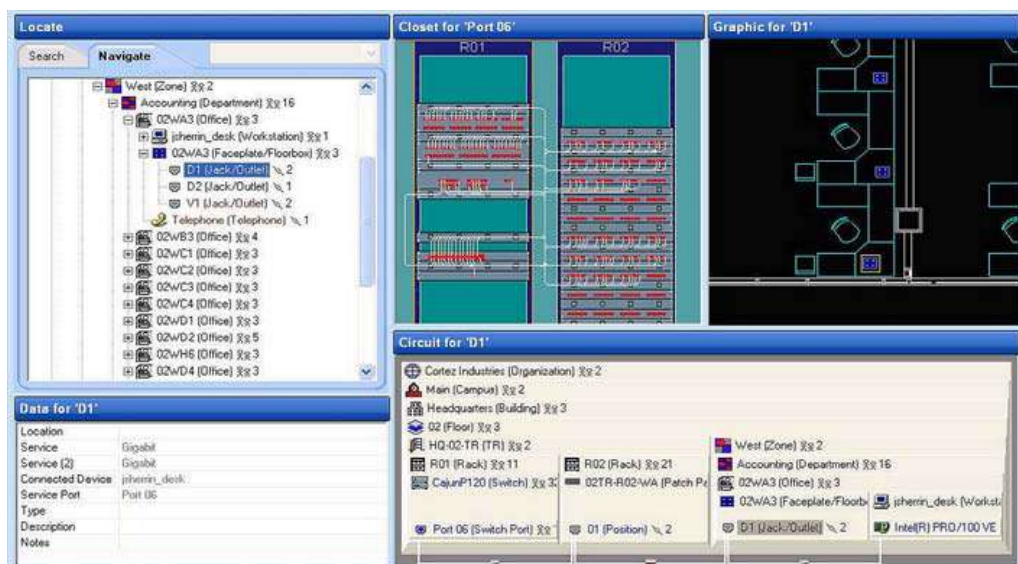


Рисунок 11 – Проверка соединений между сетевыми устройствами и кабельной инфраструктурой в программной среде Manager V1.0

В настоящее время наряду с оптической трассировкой и идентификацией в системах мониторинга широко используются беспроводные технологии, которые направлены не только на обнаружение разрыва функционирующего тракта передачи, но и решают другие важные задачи: определение и визуализация характеристик отдельных составных частей и сигналов системы. Беспроводные технологии позволяют осуществить мобильность измерительных средств и ВК. Важно оценить ЭМС беспроводных каналов для мониторинга, так как при ухудшении условий ЭМС скорость передачи данных снижается. При моделировании ЭМС необходимо использовать программное обеспечение с обширным набором моделей беспроводных каналов и моделей помех: замирания, многолучевость, блокировка и импульсные помехи.

Проведено моделирование сети наиболее распространенного стандарта беспроводной связи WiMAX 802.16e с помощью пакета Visual System Simulator (компания AWR Microwave Office). Результаты моделирования приведены на рисунке 12.

При необходимости учета реальных характеристик отдельных составных частей и сигналов системы в состав пакета включен интерфейс TestWave, позволяющий получать данные с различного измерительного оборудования и сравнивать реальные данные с данными виртуального мониторинга.

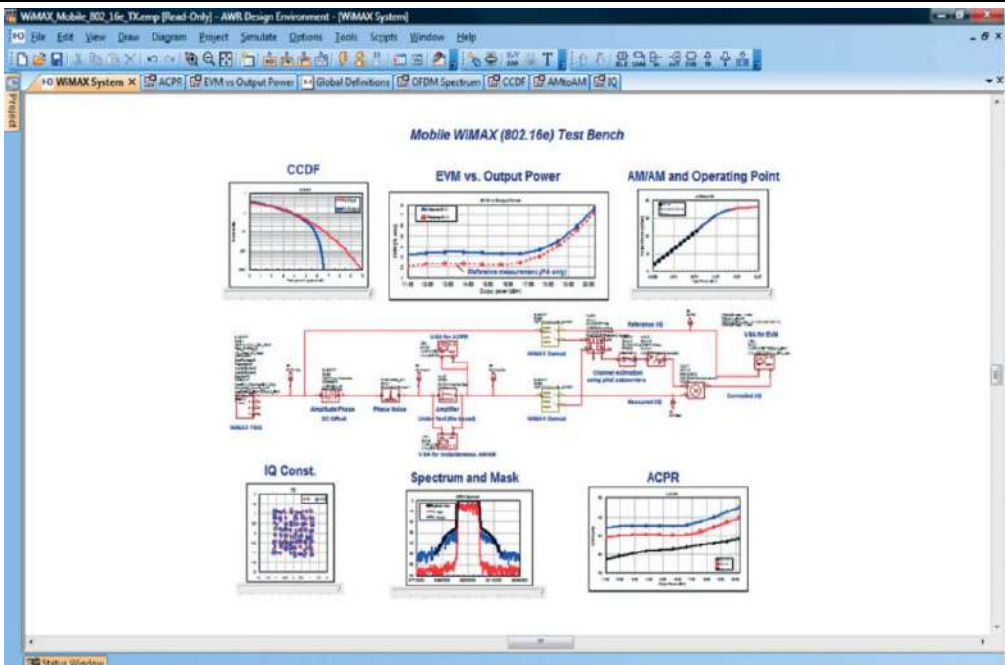


Рисунок 12 – Моделирование в среде Visual System Simulator испытательного стенда для определения электромагнитных характеристик оборудования сети WiMAX 802.16e

При оценке реальных характеристик состояния интегрированной телекоммуникационной инфраструктуры и периодических осмотрах оборудования для поддержания необходимого уровня технической готовности ставится задача определить связь между вероятностью выявления «узкого места» по производительности в телекоммуникационном оборудовании $P_{ТО}$ и производительностью телекоммуникационной системы. Выявление и устранение «узких мест» влияет на фактическое увеличение производительности сети, которое зависит от их характера и улучшения ЭМС на исследуемых участках. Для каждого «узкого места» можно рассчитать изменение производительности сети в общем виде

$$P_{ПА1} = K_1 \cdot P(A_1) \quad (1)$$

где $P_{ПА1}$ – вероятность увеличения производительности телекоммуникационной системы за счет выявления и устранения «узкого места» A_1 ; A_1 – событие, заключающееся в выявлении (с помощью системы мониторинга) и устранении «узкого места» A_1 (например, это контроль блокировок или импульсных помех); $P(A_1)$ – вероятность появления события A_1 ; K_1 – коэффициент, определяющий влияние события A_1 на производительность системы.

При расчете величины $P_{ПА1}$ имеется в виду конкретный вид производительности сети (например, это время реакции сети на запрос пользователя или пропускная способность сети, измеряемая числом запросов пользователей, удовлетворяемых в единицу времени). Определение значений коэффициентов, оценивающих влияния и устранения «узких мест» на изменение производительности

сети, необходимо осуществлять для каждого типа «узких мест» и для каждого вида производительности сети.

Абсолютный показатель для решения задач оценки реальных характеристик определяется

$$P_M(t < T_3) = \prod_{j=1}^{n_M} P_{Mj}(t < T_{j3}) \quad (2)$$

где $P_M(t < T_3)$ – вероятность решения всех ежедневных задач мониторинга за время ($t < T_3$), T_{j3} – заданное время; $P_{jM}(t < T_{j3})$ – вероятность решения j -й задачи мониторинга; n_M – число ежедневных задач мониторинга телекоммуникационного оборудования.

Чем выше ЭМС на исследуемых участках интегрированной инфраструктуры, тем выше производительность телекоммуникационного оборудования.

Оценка сокращения потребления энергии для обработки сигналов при улучшении характеристик ЭМС телекоммуникационной инфраструктуры

Уменьшение искажений сигнала при передаче не только повышает надежность и достоверность передаваемой информации, что очень важно для измерительных и управляющих систем, но и способствует сокращению потребления энергии для обработки сигнала.

Рассмотрим причины изменения во времени сигнала и помехи: изменение условий распространения сигнала, изменение расстояния от источника сигнала и помехи и т.п. Основная проблема заключается в помеховой обстановке современных ВК, так как она может меняться в зависимости от числа, положения и комбинации включенного оборудования интегрированных систем. Проводить измерения для определения уровня помех, порой дорогостоящий процесс, и вследствие перемещения оборудования порой лишено всякого смысла. Для усредненного значения уровня помех и определения параметра энергетических потерь предположим, что изменение мощности сигнала и помехи подчиняется нормальному закону распределения.

Для расчета потери энергетического запаса (ПЭЗ) необходимо для подержанной помехе линии знать (если это установлено соответствующими положениями) или задаться (если эти нормативы разрабатываются) значениями показателей качества, или готовностью PO_n , при соответствующей вероятности (проценте времени) F_n , когда этот показатель может превышать (т.е. он не может превышать в проценте времени $1-F_n$).

Рассмотрим последовательность операций, которую необходимо выполнить для оценки ПЭЗ. Для рассматриваемого метода оценки ЭМС должны быть определены интегральные функции распределения по времени $F(ОСШ)$ отношения сигнал/шум и $F(ОСП)$ отношения сигнал/помеха, влияние которой оценивается (изменением во времени теплового шума обычно пренебрегают). Для этого необходимо определить функцию распределения мешающего влияния.

Отметим, что в связи с однозначной функциональной зависимостью между показателем качества PO_n и отношением сигнала к шуму $ОСШ$ ($ОСП$), условие обеспечения необходимого значения PO_n с вероятностью $(1-F_n)$ однозначно совпадает с условием $ОСШ(ОСП) \geq ОСШ_n(ОСП_n)$ в течение того же процента времени. Следовательно, оценка ПЭЗ может производиться по функциям распределения $F(ОСШ)$, $F(ОСП)$ без вычисления функций распределения показателей

качества.

Иными словами, если заданный показатель качества может нарушаться с вероятностью F_n , то необходимо, чтобы отношение сигнала к шуму (или к сумме шума и помехи) было менее соответствующего значения $ОСШ_n$ ($ОСП_n$) не более F_n .

На этом основании величина ПЭЗ для показателя качества, установленного с вероятностью возможного нарушения в течение времени F_n , определяется из соотношения:

$$ПЭЗ_n = ОСШ(F_n) - ОСП(F_n), \text{ дБ} \quad (3)$$

где $ОСШ(F_n)$, $ОСП(F_n)$ – значения отношения сигнала к шуму и отношения сигнала к сумме шума и помехи, при заданной вероятности F_n , для показателя качества дБ; $P_{с.ном.}$ – номинальное значение мощности полезного сигнала.

Соотношение (1) наглядно поясняется рисунком 13, где $ОСШ_n$ ($ОСП_n$) – пороговое значение отношения сигнала к шуму (сумме шума и помехи), которое соответствует необходимому показателю качества при вероятности F_n , M_0 – энергетический запас при отсутствии оцениваемой помехи, M_i – запас при воздействии помехи, $F(ОСП)$ – функция $F(ОСП)$ при увеличении мощности сигнала на величину ПЭЗ, d – число степеней свободы помех.

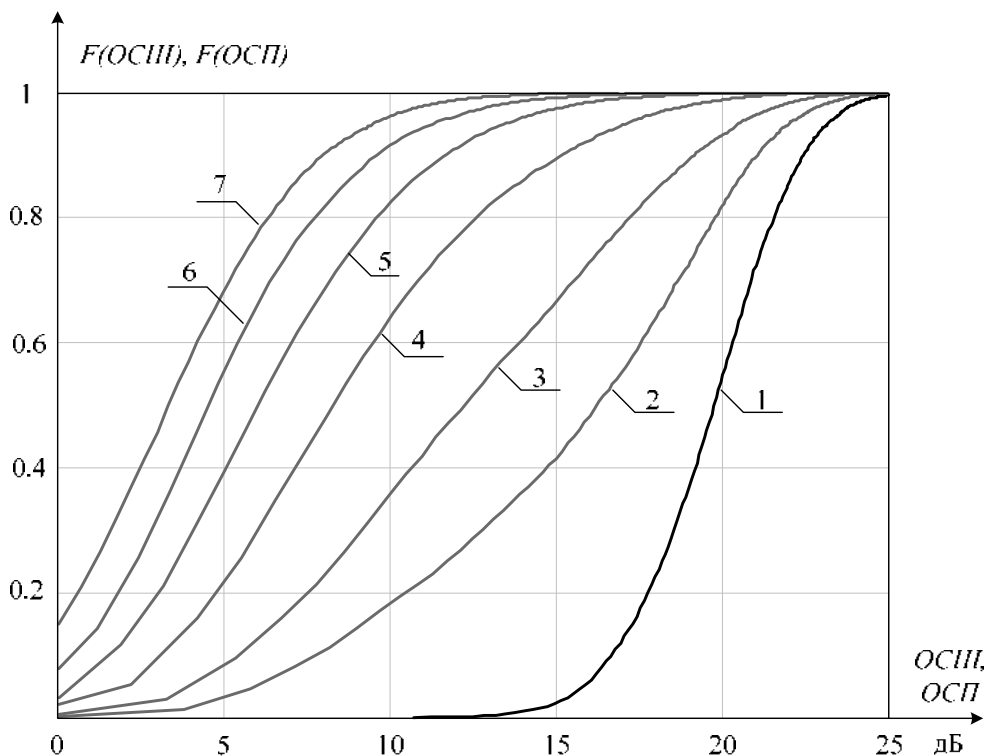


Рисунок 13 – Функции распределения $F(ОСШ)$ и $F(ОСП)$:
1 – функция распределения $ОСШ$;
2, 3, 4, 5, 6, 7 – функции распределения $ОСП$
для случаев помехи при $d = 0,5$; 1, 2, 3, 4, 5 соответственно

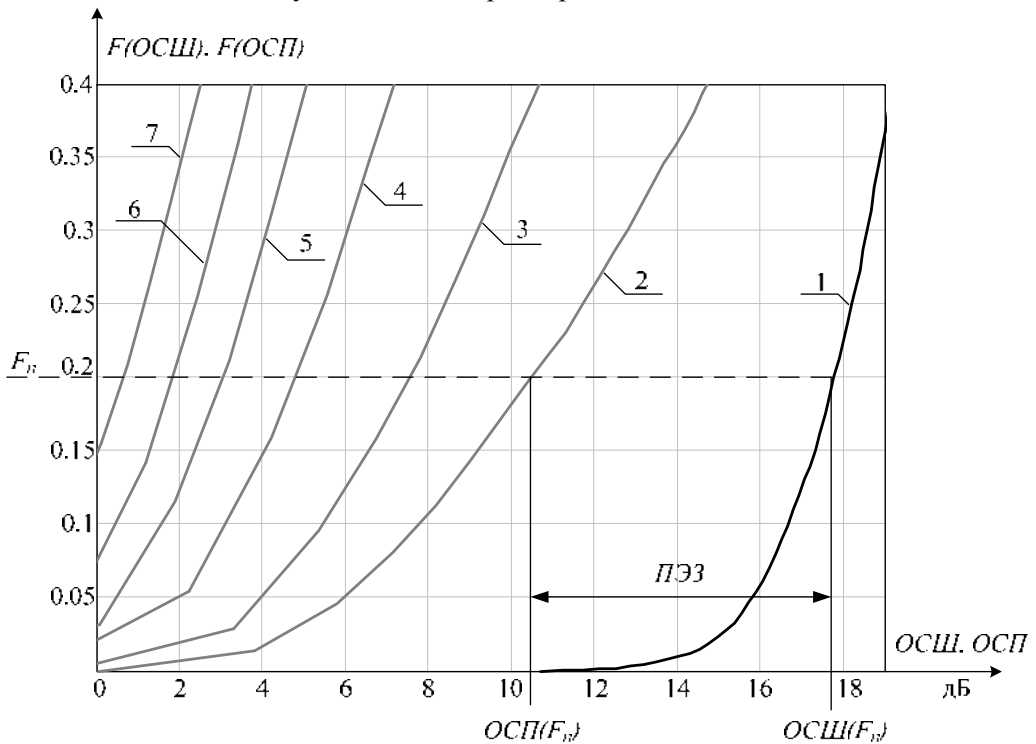
Как видно из графиков на рисунке 13, с увеличением параметра d влияние помехи усиливается, соответственно происходит увеличение показателя ПЭЗ. Это в свою очередь требует увеличения мощности полезного сигнала для поддержания заданного показателя качества P_{ON} системы подверженной помехи.

Очевидно, что данное соотношение справедливо при любом значении вероятности F_n , т.е. как для кратковременных, так и для долговременных показателей качества. Если задано несколько значений показателей качества для различных процентов времени F_n , то следует провести расчет для каждого из них и в качестве оценки выбрать наибольшее значение ПЭЗ.

Графики на рисунке 14 иллюстрируют пример оценки ППС для заданного показателя качества при вероятности $F_n=0,2$ (или 20% времени). Видно, что под действием помехи ПЭЗ составляет приблизительно:

$$ПЭЗ_n = ОСШ(F_n) - ОСП(F_n) = 17,8 - 10,4 = 7,4 \text{ дБ}$$

Таким образом, для обеспечения заданного показателя качества при вероятности $F_n=0,2$ необходимо увеличить отношение ОСШ (ОСП) на величины 7,4 дБ для подверженной помехе системы (ППС). Это значение получено для случая, когда на ППС воздействует помеха с параметром $d = 0,5$.



**Рисунок 14 – Функция распределения ОСШ и ОСП и оценка параметра ПЭЗ при $F_n = 0,2$:
 1 – функция распределения ОСШ;
 2, 3, 4, 5, 6, 7 – функции распределения ОСП
 для случаев помехи при $d = 0,5; 1, 2, 3, 4, 5$ соответственно**

В результате моделирования найдем параметр ПЭЗ (потери энергетического запаса) для ППС при воздействии на нее различных сигналов помехи. Сигнал помехи задавался распределением хи-квадрат, где определяющим параметром распределения является его степень свободы – d . Было рассмотрено влияние числа степеней свободы помех на ПЭЗ.

Из представленных зависимостей видно, что увеличение сигнала помехи приводит к значительным потерям энергетического запаса (т.е. параметр ПЭЗ возрастает). На рисунке 15 отображена зависимость величины параметра ПЭЗ при изменении параметра d сигнала помехи.

Необходимо учитывать, что величина сигнала и/или помехи не только меняется во времени, но зависит и от других факторов, например, от расположения мешающих объектов. В этом случае необходимо найти распределение ПЭЗ по множеству ситуаций, либо ограничиться вычислением значений ПЭЗ, превышаемых в определенном проценте ситуаций, и на их основе оценивать ущерб от действия помехи.

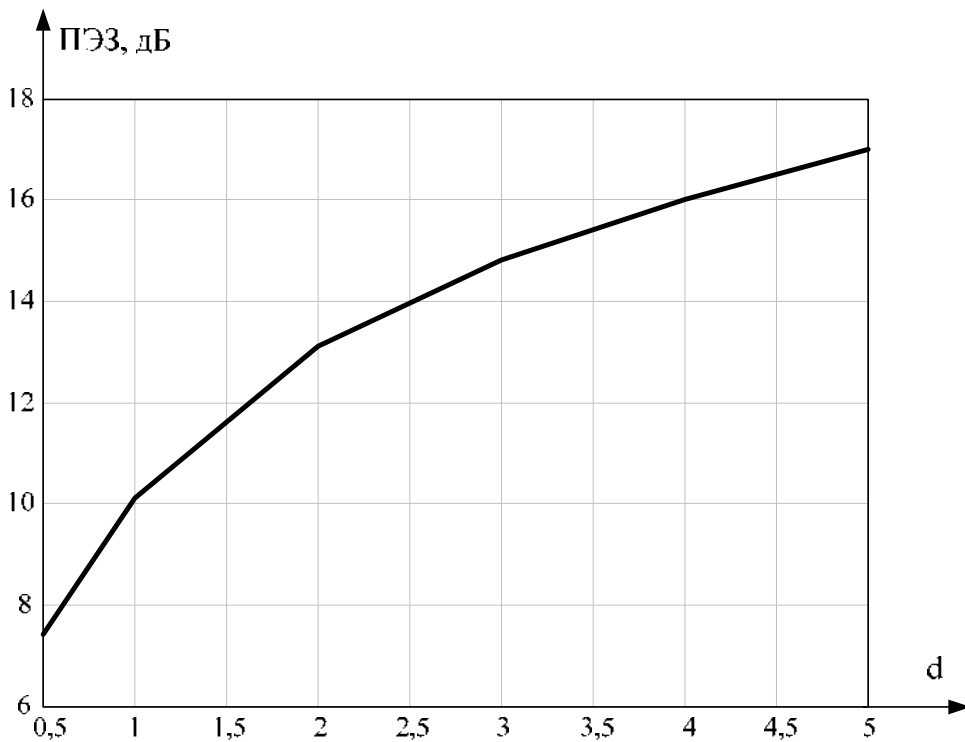


Рисунок 15 – Зависимость ПЭЗ от параметра d

Выводы

1) При аппаратно-программном совмещении управляющих систем с телекоммуникационными системами, обеспечении дистанционного доступа к измерительному оборудованию систем мониторинга, качественном и количественном расширении функциональных возможностей систем мониторинга до информационных управляющих систем необходимо решить проблемы увязывания в

единую систему большого числа различных измерительных и управляющих устройств, удаленных друг от друга на большие расстояния; обеспечения активного управления параметрами удаленного оборудования соответствующими инженерными системами; помехоустойчивости оборудования ВК и телекоммуникационной инфраструктуры к действию ЭМП.

2) Проанализированы угрозы информационной безопасности при взаимодействии ВК с подсистемами мониторинга, передачи данных, информационной безопасности, резервного копирования и восстановления данных о состоянии телекоммуникационной инфраструктуры, с инфраструктурными сервисами. Сформулированы требования к системе быстрого восстановления данных и работоспособности ключевых сервисов телекоммуникационных систем.

3) При проектировании ВК для обработки данных в первую очередь рассматривается надежность кабельной инфраструктуры, так как она должна функционировать на протяжении долгого времени (15...20 лет), Поэтому на ВК распространяется концепция структурированных кабельных систем, с учетом специфики центра и особенностей размещения и использования оборудования.

4) Оценка помехоустойчивости оборудования ВК и СКС к действию ЭМП включает в себя определение параметров и последующую оценку воздействия этих ЭМП на работоспособность отдельных элементов и узлов ВК и телекоммуникационной инфраструктуры в целом.

5) Рассмотрены спецификации электрической и оптической среды передачи для применения в централизованных ВК и организации связи с удаленными резервными ВК. Показано, что для массового применения в горизонтальной подсистеме СКС ВК целесообразно использовать экранированные электрические кабели. Исследованы экранированные конструкции электрических разъемов и кабелей с точки зрения влияния переходных помех на качество передачи в кабельных системах со скоростями 10...40 Гбит/с.

6) Проанализированы возможности использования беспроводных и мобильных решений для дистанционного контроля параметров. Даны рекомендации по использованию программного обеспечения для оценки ЭМС беспроводных каналов управляющих и измерительных систем.

7) Дана оценка воздействия ЭМП на отказоустойчивость телекоммуникационной инфраструктуры, определяющаяся как вероятность увеличения производительности телекоммуникационной системы за счет выявления и устранения «узкого места» с помощью измерительных систем мониторинга.

8) Дана оценка влияния ЭМП на энергетические характеристики сигналов, представляющая собой величину потери (уменьшения) энергетического запаса (ПЭЗ) и определяющаяся как величина увеличения энергетического баланса электронного телекоммуникационного оборудования (линии связи), или увеличения мощности полезного сигнала, которая необходима для сохранения показателей качества подверженной помехе системы, имевших место до появления помехи.

Литература

1. Аббасова, Т. С. Обеспечение эффективного функционирования систем управления кабельной инфраструктурой [Текст] / Т. С. Аббасова, Ю. В. Стреналюк, Н. А. Васильев // В сборнике: исследования в области теоретических основ

-
- информатики и системного анализа / Под научной редакцией д. т. н., проф. В. М. Артюшенко. Королев. – 2014. – С. 5-24.
2. Аббасова, Т. С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных [Текст] / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 10-13.
 3. Аббасова, Т. С. Анализ самоподобия мультимедийного трафика и его влияния на электромагнитную совместимость оборудования телекоммуникационных систем [Текст] / Т. С. Аббасова // Двойные технологии. – 2015. – № 1 (70). – С. 21-24.
 4. Вокин, Г. Г. О принципах формирования компьютерной технологии оперативного спутникового мониторинга объектов и ситуаций на поверхности Земли с использованием элементов искусственного интеллекта [Текст] / Г. Г. Вокин, В. Л. Иванов, А. И. Киселев // Двойные технологии. – №1. – 2012.
 5. Семенов, А. Б. Эволюция и направления развития систем интерактивного управления СКС [Текст] / А. Б. Семенов // Вестник связи, 2005. – №10. – с. 37 – 43.
 6. Семенов, А. Б. Обязательно ли СКС быть универсальной? [Текст] / А. Б. Семенов // Вестник связи. – 2006. – №10. – с. 37 – 41.
 7. Шаврин, С. С. Механизм и информационная модель субъективного восприятия эхосигналов [Текст] / С. С. Шаврин // Электросвязь. – 2008. – № 7. – с. 16 – 20.
 8. Шаврин, С. С. Оценка мешающего воздействия электрического эха на абонентов [Текст] / С. С. Шаврин // Электросвязь. – 2008. – № 9. – с. 53 – 55.

Подходы к моделированию и проектированию телекоммуникационных сетей на основе N -мерных технологий

Т.С. Аббасова, к.т.н., доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы, связанные с использованием N -мерных технологий для проектирования телекоммуникаций на территориях и различных объектах эксплуатации: внутри подвижного объекта в условиях полета, в вычислительных комплексах, в различных транспортных средствах, при внутрприборном и межприборном монтаже, при монтаже кабелей, силовых, управляющих и других цепей. Сформулированы задачи и предложения по созданию системы эффективного календарно-сетевого планирования и поддержания технической готовности при проектировании, на основе многомерных моделей. Разработана оценка эффективности предлагаемых подходов.

Электромагнитная совместимость, сетевая производительность, электронные модели.

Approach to the Modeling and Design of Telecommunication Networks on the N -dimensional Based Technologies

T.S. Abbasova, Ph.D., Associate Professor,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The problems associated with the use of N -dimensional technology for the design of telecommunications in the territories and various operating facilities: inside a moving object in flight conditions, in computer systems, in different vehicles at intrainstrument and interinstrument installation, installation of cables, power, and control other circuits. The problems and proposals for the establishment of an effective calendar-network planning and maintenance of technical readiness of the design, based on multivariate models. Designed assessment of the effectiveness of the proposed approaches.

Electromagnetic compatibility, network performance, electronic models.

Введение

Современные телекоммуникации характеризуются увеличением верхней частоты спектра полезного сигнала, увеличением частоты и уровня сигналов помех, а также уменьшением уровней полезных сигналов. Для улучшения помехозащищенности на этапе проектирования телекоммуникационных систем обязателен анализ ЭМС с помощью современных информационных технологий модели-

рования, так как затраты на моделирование в широко распространенных программных средах или в специально разработанных программах значительно дешевле, чем затраты на натурные испытания или перепроектирование системы в результате несоответствия требованиям по ЭМС [1].

Проблема обеспечения ЭМС телекоммуникационного оборудования носит комплексный характер, что требует обеспечение необходимых требований на всех уровнях модульности при проектировании телекоммуникаций. Увеличение уровня модульности ведет к увеличению затрат на обеспечение ЭМС и снижению доступных мер. Обеспечение ЭМС достигается различными конструкторско-технологическими мерами, включающими выбор элементной базы, рациональную компоновку элементов и устройств, экранирование отдельных элементов схем, каналов связи, телекоммуникационных помещений, моделированием полей помехи элементов и т.д. В работе [1] описан алгоритм размещения устройств и прокладки трасс кабелей с учетом обеспечения их ЭМС. Громоздкость и сложность математического описания требуют использования различных САПР для быстрого и качественного проектирования телекоммуникационных систем. На основании работ [2,3,4] можно сделать вывод, что пока нет универсального продукта для оценки параметров ЭМС электронного оборудования и каналов связи телекоммуникационных систем. Разработчики должны принять решение о целесообразности использования того или иного математического метода в каждом конкретном случае и затем сделать выбор рациональной программной среды (или нескольких программных сред) для проведения анализа на основе выбранного метода.

В настоящее время широко распространено использование технологий трехмерного моделирования для анализа и оценки электромагнитной обстановки (ЭМО) оборудования телекоммуникационных помещений, вычислительных комплексов, подвижных объектов, на которых планируется прокладка телекоммуникаций, при реализации антенных устройств для оборудования беспроводных телекоммуникаций. При проектировании, оценке, оптимизации рабочих характеристик и стоимости телекоммуникационной сети используется трехмерное 3D-представление окружающей среды. Актуальна возможность дальнейшей работы с созданными моделями в специализированных расчетных пакетах, а также в средах N -мерного моделирования 4D, 5D, 6D.

Анализ современных технологий моделирования ЭМС

Возможности систем компьютерного моделирования задач ЭМС приведены в таблице 1.

Программы моделирования ЭМС используют данные о геометрии, компонентах и материалах телекоммуникационных объектов (вычислительного и коммуникационного оборудования, каналов связи, приборов, устройств), которые либо вводятся пользователем с помощью средств графического или текстового ввода, либо импортируются из файлов формата систем автоматизированного проектирования. Геометрическая математическая модель (ММ) объекта подается на вход двух блоков: блока электродинамического анализа и блока генерации ММ трасс, контактных площадок и переходных отверстий. В случае электродинамического анализа при внутриприборном и межприборном монтаже пользователь вводит воздействие помехи, после чего выполняется тонкопроводная аппроксимация монтажных трасс и электродинамический анализ полученной

структуры. Полученные на основе проведенного анализа значения E напряженности электрического поля в заданных точках приборов и устройств сравниваются в блоке обработки результатов с пороговыми значениями E_{max} , задаваемыми пользователем. Если $E < E_{max}$ для всех заданных точек, требования ЭМС по максимальным значениям напряженности электрического поля выполняются. В блоке обработки результатов также оцениваются двумерные и трехмерные ММ, временной и частотный отклики. Для анализа ЭМС телекоммуникационного оборудования обеспечивается моделирование трехмерных устройств произвольной формы, антенн, фильтров, усилителей, смесителей, интегральных микросхем, гибридных схем, микросборок, многомодульных конструкций.

Таблица 1 – Структура систем компьютерного моделирования ЭМС

Комплекс	Квазистатический анализ двумерных структур	Квазистатический анализ трёхмерных структур	Электродинамический анализ трёхмерных структур	Структурно-параметрическая оптимизация	Вспомогательные программы
Компоненты комплекса	ввод	ввод	ввод	генетические алгоритмы	утилиты
	дискретизация	дискретизация	дискретизация	эволюционные стратегии	матричные операции
	отображение	отображение	отображение	алгоритмы неявного фильтрации	конвертация данных
	вычисление матриц	вычисление матриц	вычисление токов	параметрическая оптимизация	пользовательские расширения
	вычисление отклика		вычисление характеристик	структурная оптимизация	ядра системы

Известные программные среды моделирования ЭМС компаний CST и Ansys имеют высокую стоимость, более дешевые аналоги не содержат всех необходимых средств для моделирования ЭМС (одновременно схемного, квазистатического и электродинамического анализов) в одном программном продукте. Учет 3D-представлений окружающей среды, которые имеют большое значение при проектировании магистральных каналов телекоммуникаций, в первую очередь беспроводных, также требует дополнительных программных средств. Наиболее оптимальным решением пока остается комбинированный метод использования нескольких программных продуктов. Приобретение нескольких программных продуктов и разработка методик их сопряжения и совместного использования увеличивают финансовые и временные затраты. Поэтому необходимы методики оценки эффективности подходов к выбору программных сред моделирования и способов конвертирования моделей из среды моделирования в специализированную расчетную среду, а также в среды N -мерного моделирования для принятия организационно-технических решений при проектировании телекоммуникационного оборудования. С помощью процесса конвертирования в расчетные программные среды можно уменьшить время и затраты на проектирование телекоммуникационных систем.

Результаты исследования

Рассмотрим три случая моделирования ЭМО для определения ЭМС:

1) моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного помещения (вычислительные комплексы, транспортные средства, локальные вычислительные сети, горизонтальная подсистема структурированных кабельных систем);

2) моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного устройства (аппарата) или канала связи, при внутриприборном и межприборном монтаже;

3) моделирование ЭМО вне телекоммуникационного помещения (территориальные и глобальные сети, магистральные подсистемы структурированных кабельных систем) с учетом трехмерного 3D-представления окружающей среды [5...16].

Моделирование ЭМО внутри телекоммуникационного помещения сводится к поочередному моделированию работающих на некотором участке электронных устройств (в том числе устройств каналов связи) и последующем объединении их в систему по определению параметров напряженностей их совместного поля в любых точках моделируемого сегмента помещения. Поочередное моделирование каждого электронного устройства в отдельности состоит в предварительной замене его эквивалентным источником в зависимости от значений силы тока и напряжения в их электрических схемах. Предварительная замена заключается в подборе параметров эквивалентного источника, основанной на совпадении динамики распределения напряженности поля на некотором удалении от источника. В дальнейшем получившийся эквивалентный источник представляется в виде 3D-модели в программной среде. 3D-модель строится с учетом геометрических размеров реального электронного устройства, как показано на рисунке 1, с использованием компьютерных сред Kompas 3D, Solid Works, MatLab.

При анализе ЭМО внутри приборов (кабелей, аппаратов, телекоммуникационных шкафов) их электродинамические модели строятся на основе экспериментальных характеристик электромагнитных помех (ЭМП). При использовании программ «Кабели и жгуты 3D» (приложение Компас 3D) параметры монтажа кабеля с учетом подавления помех и размещения телекоммуникационных устройств определяются автоматически.

Для изучения поведения электромагнитных полей в кабельных трассах (например, при экранировании кабеля, электростатическом разряде, обеспечении комплекса мер по электромагнитной совместимости) можно использовать созданную в среде Компас-3D модель и перенести ее в среду ANSYS Maxwell (ведущее программное обеспечение для моделирования 2D и 3D-электромагнитных полей).

Для определения границ кабельных трасс выполнено 3D моделирование, которое позволило уточнить границы расположения кабеля при его прокладке с учетом требований электромагнитной совместимости. На рисунке 2 показано, как с помощью различных инструментальных средств программного приложения формируется кабельная трасса с учетом размещения приборов (устройств, блоков) и проверки превышения порогового значения восприимчивости кабеля для всех вариантов его прокладки между устройствами.

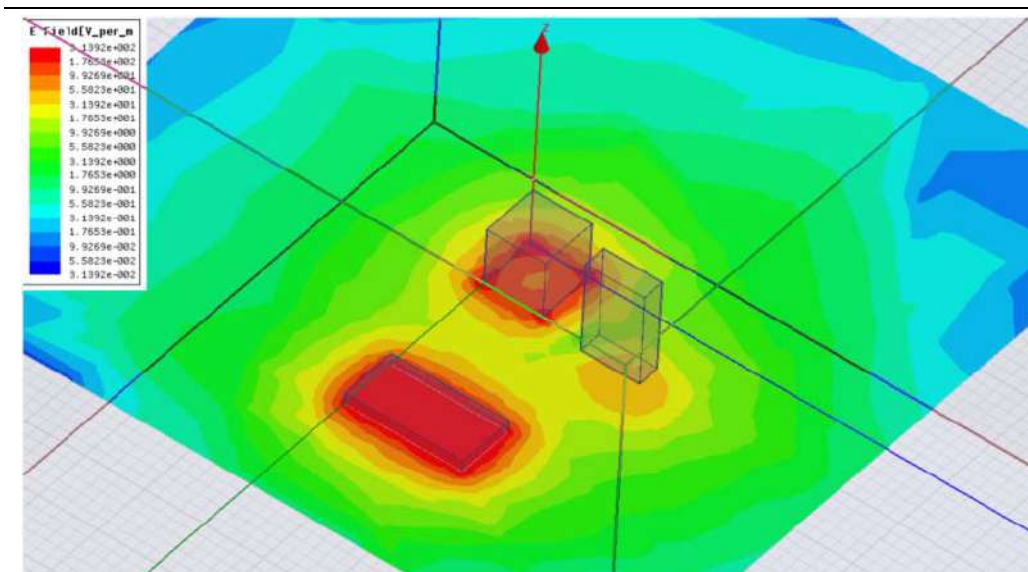


Рисунок 1 – Результат моделирования области с тремя имитаторами электронных устройств внутри подвижного объекта в среде MatLab

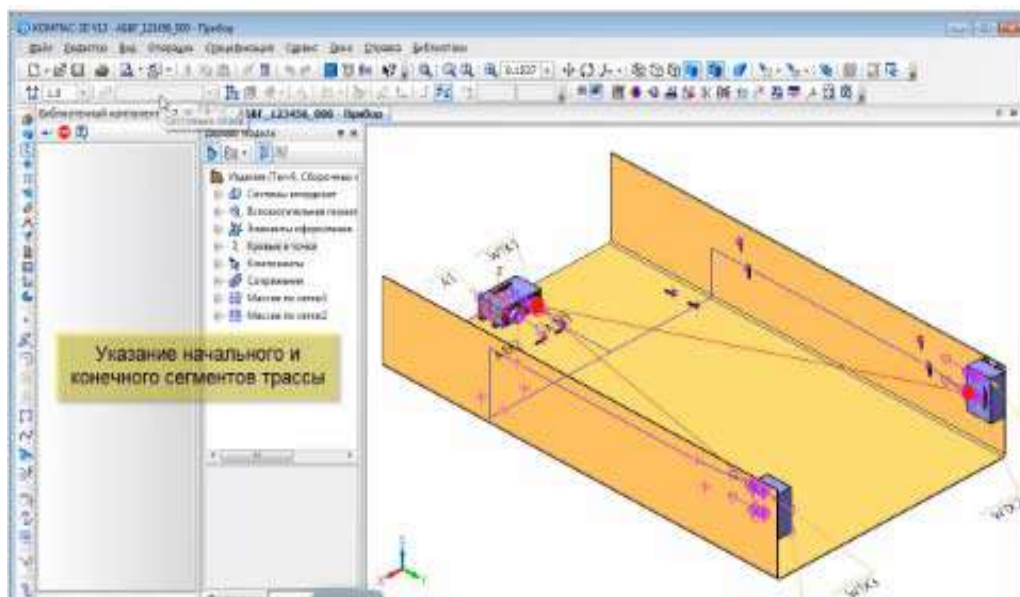


Рисунок 2 – Указание начального и конечного сегментов кабельной трассы в программном приложении КОМПАС-3D «Кабели и жгуты 3D»

Трехмерное моделирование также можно использовать для прокладки экранированного электрического кабеля с учетом влияния проникновения электромагнитных воздействий через экраны.

С помощью электронной модели телекоммуникационного шкафа, приведенной на рисунке 3, можно осуществить виртуальный монтаж кабелей и патч-кордов внутри шкафа с учетом минимально допустимых расстояний между ними.

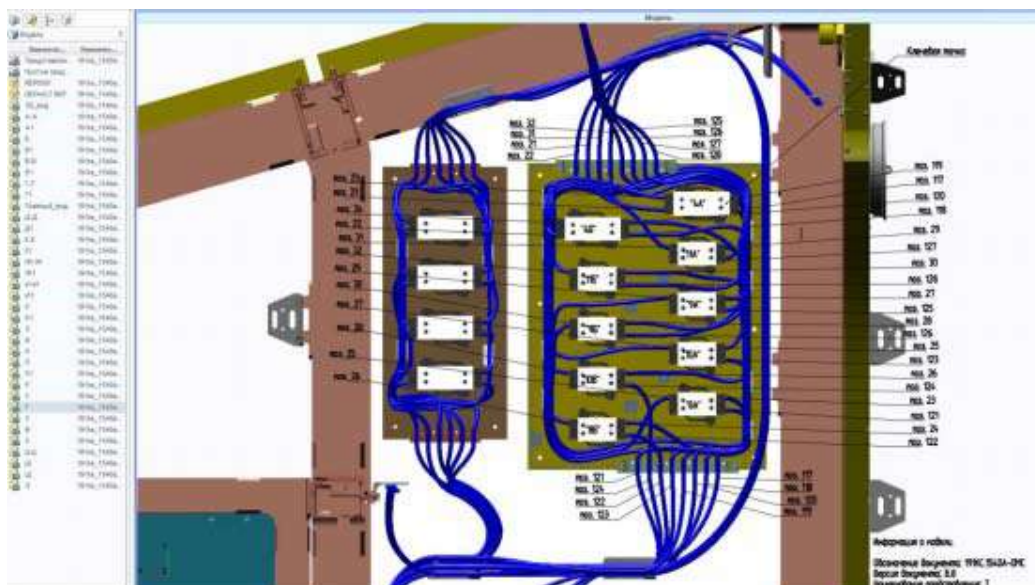


Рисунок 3 – Электронная модель телекоммуникационного шкафа с соответствующими аннотациями и представлениями

При моделировании ЭМО вне телекоммуникационных помещений необходимо учитывать, что городская (сельская) инфраструктура характеризуется взаимосвязанностью всех объектов. Нельзя изменить пространственные характеристики одного объекта, не учитывая последствий для других. Для аналитических расчетов местоположения ретрансляторов магистральных каналов связи создается упрощенная модель городской застройки с использованием автоматических технологий в программном обеспечении MicroStation V8. Исходными данными будут являться космические снимки с пространственным разрешением не менее 0,8 м. Для снижения расходов на разработку моделей возможно применение технологий 2,5-D вместо 3D, так как технология 2,5-D позволяет оперативно получать результаты по наиболее конкурентной стоимости. Большое значение при проектировании беспроводных телекоммуникаций имеют 2,5 и 3D-представления окружающей среды.

Оптимизация процесса проектирования телекоммуникационной инфраструктуры с помощью технологий N-мерного моделирования

При проектировании составляется сквозной график, который реализуется в виде диаграммы Ганта, в табличной форме или с помощью инструментария Workflow в PDM-системе (от англ. Product Data Management – управление данными об изделии). PDM-система предназначена для поддержки электронного описания изделия (устройства) телекоммуникационной инфраструктуры на всех стадиях жизненного цикла. В базе данных PDM-системы содержится архивная и нормативная информация о ранее разработанных изделиях, извещениях об изменениях, данные об организационной структуре, справочники материалов, стандартных и покупных изделий. В модели, состоящей из большого количества элементов, необходимо правильное заполнение атрибутов и имен файлов для поиска

нужных элементов конструкций и анализа структуры всей модели как на жестком диске, так и в PDM-системе, как это показано на рисунке 4.

Таким образом, модель в PDM-системе – это имеющая числовое описание и нужным образом организованная и управляемая информация о телекоммуникационной сети (системе).

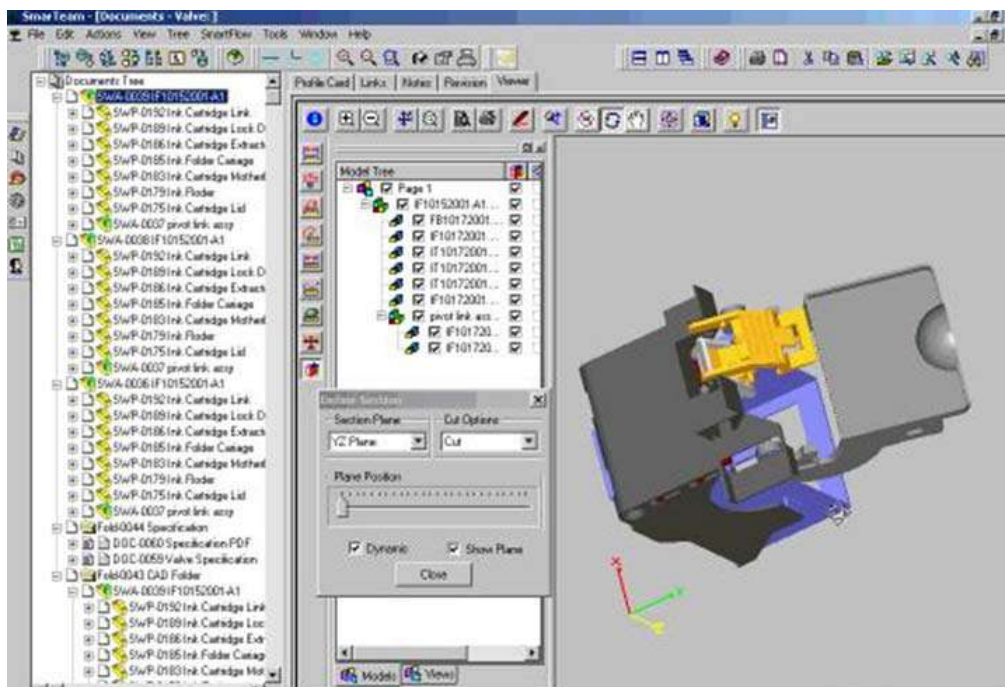


Рисунок 4 – Модель сборки изделия сетевой инфраструктуры при интеграции PDM-системы с Solid Works

Для дальнейшего снижения эксплуатационных расходов, включающих расходы на обеспечение ЭМС, планируется разработка 4D, 5D, 6D-моделей.

Задачи современного организационно-технологического проектирования телекоммуникационных систем, которые будут решаться на основе принципов, критериев и параметров формирования многомерных моделей и технологий:

- 1) Формирование графика проектных работ (работ по модернизации).
- 2) Визуализация последовательности проектных работ.
- 3) Выбор техники и технологии для обеспечения ЭМС оборудования телекоммуникационной инфраструктуры.
- 4) Проверка выполнимости организационно-технологических решений по снижению затрат на обеспечение ЭМС и эксплуатацию оборудования телекоммуникационной инфраструктуры.

Этапы моделирования (модернизации) телекоммуникационных сетей и систем с использованием технологий *N*-мерного моделирования можно сформулировать следующим образом.

- 1) 3D проектирование – процесс, во время которого создается трехмерная визуализация элементов приемо-передающего оборудования, средств вычисли-

тельной техники, каналов связи телекоммуникационных систем с учетом их функционального предназначения (Kompas 3D, Solid Works, MatLab).

2) 4D проектирование связано с календарно-сетевым графиком проекта внедрения нового модуля (модернизации имеющегося модуля) телекоммуникационной инфраструктуры. Например, строится PDM модель и интегрируется со средой Solid Works (Kompas 3D и др.), вычисляется расчетное время проектирования (модернизации) с использованием диаграмм Ганта и наполнением информационными данными по элементам сетевого оборудования. Может быть использовано отдельное программное обеспечение Bentley Navigator 4D моделирование. Разрабатывается трехмерная визуализация монтажа оборудования кабельных систем, 3D-представление окружающей среды (если рассматривается организация магистральных, в первую очередь беспроводных, каналов связи). Производится формирование задач в соответствии с графиком проекта.

3) 5D проектирование – это стоимостные показатели, характеризующие затраты на телекоммуникационное оборудование, информационное, технологическое, программное обеспечение при проектировании (модернизации) телекоммуникационной системы. Модели элементов сетевой инфраструктуры распределяются по времени инсталляции и по затратам на перечисленное обеспечение, в том числе затраты на оплату труда. Программное обеспечение для 5D проектирования – Sonnet Suites, Mician μ Wave Wizard, и др. При объединении разработанных трехмерных моделей с экономическими показателями можно контролировать затраты на всех стадиях и этапах проектирования (модернизации) телекоммуникационной системы. Одновременное отображение в среде 5D-моделирования стоимости комплектующих и обеспечения сетевой инфраструктуры и параметров трехмерных моделей позволяет сделать информационный разрез в любой плоскости по любому из заданных показателей. Данные, полученные с помощью таких информационных разрезов, будут являться исходными для создания сметы расходов на проектирование (модернизацию). Созданная 5D-модель телекоммуникационной инфраструктуры, переданная в эксплуатацию, может быть использована для управления строением на всех ее жизненных циклах при эксплуатации, ремонте, модернизации и демонтаже.

4) 6D – техническая основа эксплуатации телекоммуникационных систем, мониторинг состояния и периодические осмотры оборудования для поддержания необходимого уровня технической готовности с помощью программного обеспечения (Bentley ConstructSim 6D моделирование, AWR Microwave Office) и организации хранения и виртуального доступа в любой момент времени. Визуально отображает ситуацию на объекте на любой момент времени, визуальный план-фактный анализ хода реализации проекта. После завершения процесса внедрения (модернизации) построенные модели могут использоваться как постоянно актуализируемая база данных, содержащая информацию о каналах связи и оборудовании телекоммуникационной инфраструктуры.

Беспроводные технологии широко используются в системах мониторинга телекоммуникационного оборудования, поэтому важно оценить ЭМС не только беспроводных каналов для информационного обмена, но и беспроводных каналов для мониторинга [17...20]. Проведено моделирование сети наиболее распространенного стандарта беспроводной связи WiMAX 802.16e с помощью пакета Visual System Simulator (компания AWR Microwave Office), ориентированного на

моделирование беспроводных коммуникаций. Результаты моделирования приведены на рисунке 5.

Так как при ухудшении условий ЭМС скорость передачи данных снижается, при моделировании ЭМС необходимо использовать обширный набор моделей каналов и моделей помех: замирания, многолучевость, блокировка и импульсные помехи. При необходимости учета реальных характеристик отдельных составных частей и сигналов системы в состав пакета включен интерфейс TestWave, позволяющий получать данные с различного измерительного оборудования и сравнивать реальные данные с данными виртуального мониторинга.

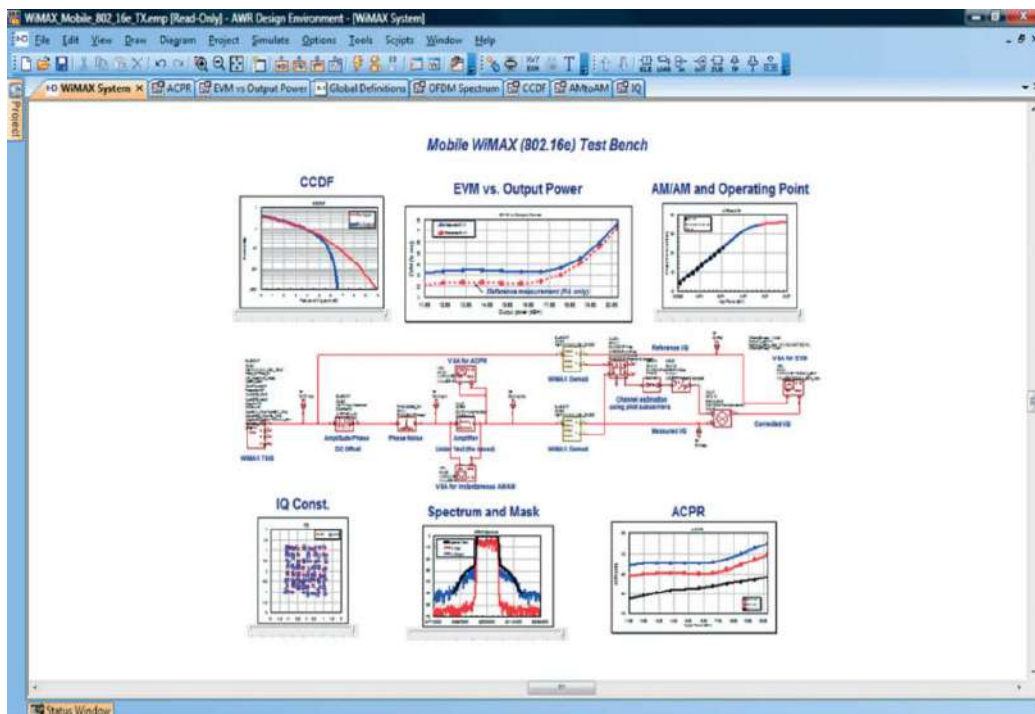


Рисунок 5 – Моделирование в среде Visual System Simulator испытательного стенда для определения электромагнитных характеристик оборудования сети WiMAX 802.16e

Пакет Visual System Simulator полностью интегрирован в среду проектирования AWR Design Environment. На рисунке 6 показано смоделированное 3D-представление окружающей среды, которое позволяет визуализировать объект, на котором будет спроектирована беспроводная сеть. Поэтому данный программный пакет может быть использован для реализации 6D технологий проектирования.

Предложения по созданию системы эффективного календарно-сетевого планирования:

- создание единой федеральной базы данных электронных моделей и электронной документации (конструкторской, эксплуатационной, технологической, ремонтной и др.) на телекоммуникационные системы;
- разработка совокупности «прорывных» технологий, определяющих

возможность появления новых решений по разработке техники и технологий обеспечения ЭМС оборудования телекоммуникационных систем.

При разработке оценки эффективности предлагаемых подходов к проектированию телекоммуникационной инфраструктуры с помощью технологий N-мерного моделирования предлагается осуществлять такую оценку отдельно для каждого этапа моделирования: 3D, 4D, 5D, 6D. Распределение показателей по этапам позволяет использовать из всего возможного набора показателей эффективности только те показатели, которые необходимы для оценки эффективности моделирования с помощью используемого на данном этапе программного обеспечения. На основе таких оценок методы, средства и технологии обеспечения ЭМС при проектировании совершенствуются с учетом необходимых требований на всех уровнях модульности при проектировании телекоммуникаций.

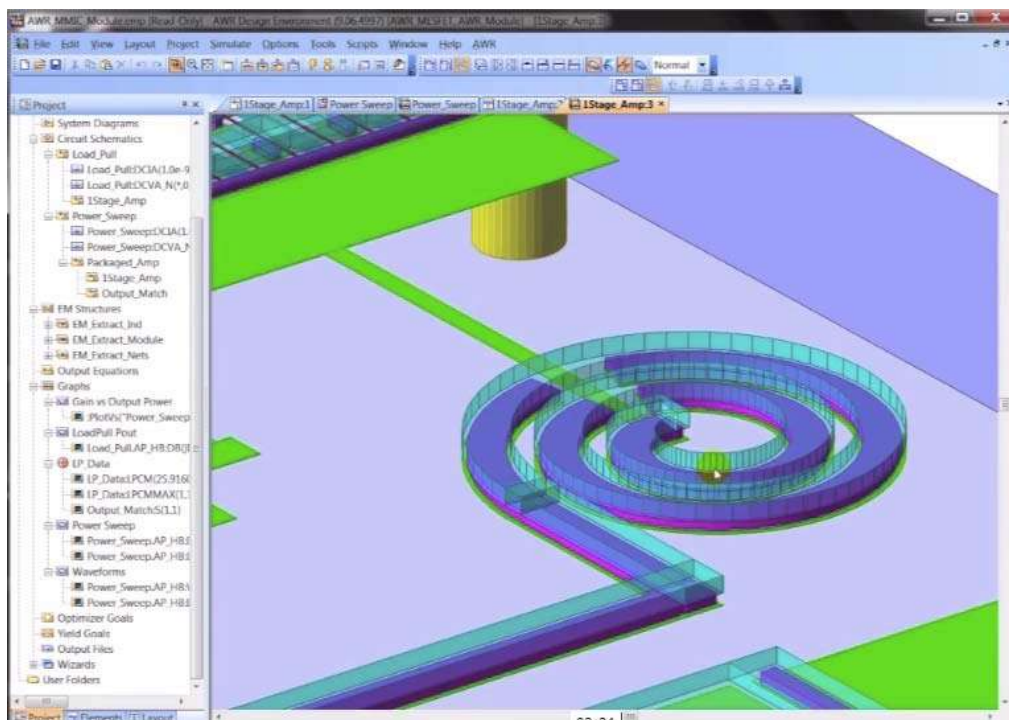


Рисунок 6 – 3D-представление окружающей среды в среде AWR Design при проектировании телекоммуникаций

Для этапа 3D необходима проверка адекватности 3D-модели с помощью процедуры верификации [21]. Выходные данные после расчета на компьютере сопоставляются с имеющимися статистическими сведениями о параметрах ЭМС оборудования моделируемой системы. При моделировании проверяется адекватность (соответствие модели моделируемому объекту или процессу) по тем свойствам модели, которые сформулированы в постановке задачи исследования. Адекватность модели можно проверить с помощью тестирования на этапе 6D, так как есть возможность получать данные с различного измерительного оборудования и сравнивать реальные данные с данными виртуального мониторинга.

Для этапа 4D, связанного с календарно-сетевым графиком, предлагается

использовать временные показатели: абсолютный и относительный. Абсолютный временной показатель этапа 4D вычисляется

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

где T – среднее время на решение ежедневных задач календарно-сетевого планирования в рамках обеспечения ЭМС при проектировании (модернизации) телекоммуникационной системы; T_i – среднее время на решение i -й ежедневной задачи календарно-сетевого планирования; n – число ежедневных задач.

Относительный временной показатель необходим для сравнения базового (без применения 4D-технологий) варианта календарно-сетевого планирования и варианта календарно-сетевого планирования с применением 4D-технологий:

$$K_{4D} = \frac{T_{4D} - T}{T_{4D}} 100 \quad (2)$$

где K_{4D} – коэффициент сокращения среднего времени на решение всех ежедневных задач, обусловленного использованием 4D-технологий; T_{4D} и T – среднее время на решение ежедневных задач календарно-сетевого планирования с использованием 4D-технологий и без 4D-технологий.

Для этапа 5D при оценке стоимостных показателей необходимо вычислить обобщающий показатель экономической целесообразности внедрения N -мерных технологий при проектировании телекоммуникационных систем – экономический эффект и срок окупаемости. Возможны следующие виды экономии на текущих затратах:

- за счет снижения себестоимости проведения организационно-технических мероприятий по обеспечению ЭМС телекоммуникационного оборудования;
- за счет дополнительного объема услуг, предоставляемых программным обеспечением N -мерных технологий;
- за счет предотвращенного ущерба, т.е. за счет сокращения финансовых и временных потерь, связанных с неправильным календарно-сетевым планированием на этапе 4D.

Для этапа 6D при осуществлении мониторинга состояния и периодических осмотров оборудования для поддержания необходимого уровня технической готовности телекоммуникационной инфраструктуры связь между вероятностью выявления «узкого места» по производительности в телекоммуникационном оборудовании $P_{ТО}$ и производительностью телекоммуникационной сети (системы) может быть формализована. Фактическое увеличение производительности сети за счет выявления и устранения «узких мест» определяется их характером и улучшением ЭМС на этих участках, т.е. для каждого «узкого места» можно рассчитать изменение производительности сети. В общем виде такое изменение имеет

$$P_{ПА1} = K_1 \cdot P(A_1) \quad (3)$$

где $P_{ПА1}$ – вероятность увеличения производительности телекоммуникационной системы за счет выявления и устранения «узкого места» A_1 ; A_1 – событие, заключающееся в выявлении (с помощью системы мониторинга) и устранении «узкого места» A_1 (например, это контроль блокировок или импульсных помех); $P(A_1)$ – вероятность появления события A_1 ; K_1 – коэффициент, определяющий влияние события A_1 на производительность системы.

При расчете величины $P_{ПА1}$ имеется в виду конкретный вид производительности сети (например, это время реакции сети на запрос пользователя или пропускная способность сети, измеряемая числом запросов пользователей, удовлетворяемых в единицу времени). Определение значений коэффициентов, оценивающих влияния и устранения «узких мест» на изменение производительности сети, необходимо осуществлять для каждого типа «узких мест» и для каждого вида производительности сети.

Вероятностный абсолютный интегральный показатель для решения задач мониторинга определяется

$$P_M(t < T_3) = \prod_{j=1}^{n_M} P_{Mj}(t < T_{j3}) \quad (4)$$

где $P_M(t < T_3)$ – вероятность решения всех ежедневных задач мониторинга за время ($t < T_3$), T_{j3} – заданное время; $P_{jM}(t < T_{j3})$ – вероятность решения j -й задачи мониторинга; n_M – число ежедневных задач мониторинга телекоммуникационного оборудования.

При организации хранения и виртуального доступа в любой момент времени необходимо минимизировать объем оперативной памяти V_{RAM} , который требуется для загрузки больших моделей при их открытии и просмотре. Объем оперативной памяти связан с объемом постоянной памяти, выделяемой для хранения модели – V_{ROM} , но в отличие от нее, напрямую влияет на скорость работы с моделью после завершения процесса загрузки. Практика показывает, что требуемая для загрузки модели оперативная память линейно зависит от постоянной памяти

$$V_{RAM} = a V_{ROM}, \quad (5)$$

где a – коэффициент, определяемый опытным путем.

На V_{RAM} накладывается ряд ограничений, связанных с программными и аппаратными возможностями вычислительной техники. Широко распространенные на сегодняшний день персональные компьютеры и графические станции начального уровня работают с использованием 32-х разрядных операционных систем, на которых по умолчанию запущенные приложения не могут занимать более 2 Гб оперативной памяти. САД-системы также могут накладывать свои ограничения. Например, Компас-3D V12 в 32-разрядной версии не может использовать более 4 Гб оперативной памяти.

Кроме того, время, затрачиваемое на открытие N -мерной модели, пропорционально значению необходимого для открытия объема оперативной памя-

ти.

Величину VRAM можно выразить следующим образом:

$$V_{RAM} = b_1 V_{RAM1} + b_2 V_{RAM2} + \dots + b_n V_{RAMn}, \quad (6)$$

где b_n – экспериментально определяемые коэффициенты, зависящие от используемой CAD-системы, V_{RAMn} – объем оперативной памяти, требуемый для загрузки n -го компонента сборочной единицы.

В свою очередь V_{RAMn} можно выразить следующим образом:

$$V_{RAMn} = V_{RAMn}^m + V_{RAMn}^f + V_{RAMn}^{em} + V_{RAMn}^a, \quad (7)$$

где V_{RAMn}^m , V_{RAMn}^f , V_{RAMn}^{em} , V_{RAMn}^a – часть объема оперативной памяти, определяемая особенностями процесса моделирования: V_{RAMn}^m – память, связанная с непосредственно построением геометрии модели; V_{RAMn}^f – память, связанная с особенностями процесса моделирования или самой модели; V_{RAMn}^{em} – память, связанная с «избыточным» моделированием геометрии; V_{RAMn}^a – память, связанная с прочими факторами.

В (7) V_{RAMn}^m , V_{RAMn}^f , V_{RAMn}^{em} , V_{RAMn}^a – проектные переменные, которые можно варьировать в некоторых пределах, добиваясь минимизации значения V_{RAMn} .

На проектные переменные могут быть наложены ограничения в форме неравенств, физический смысл которых заложен в основных подходах к моделированию и зависит от конкретных задач. Например, любой компонент телекоммуникационного оборудования в самом упрощенном случае представляет собой геометрическое тело – многогранник или тело вращения, соответственно минимальное значение V_{RAMn}^m может быть определено объемом памяти, требуемой для построения данных компонентов. Для телекоммуникационного оборудования, оборудования кабельных систем в структуре модели должна иметься маркировка – внесенная в модель запись, содержащая обозначение оборудования. Память, занимаемая такой записью, составляет значение параметра V_{RAMn}^f . В это же значение войдут обозначение разъемов, кабелей и прочих атрибутов. Таким образом, для модели телекоммуникационного оборудования ограничение будет выглядеть следующим образом:

$$b_{nm} V_{RAMn}^m + b_{nf} V_{RAMn}^f \geq q_n, \quad (8)$$

где q_n – коэффициент, зависящий от типа оборудования.

В форме (8) могут быть представлены ограничения и на модели различных типов оборудования (коммутационное оборудование, каналы связи, 3D-представления окружающей среды), объем памяти на которые очень сильно зависит от наличия сложной прорисованной геометрии, величина V_{RAMn}^{em} .

Под прочими факторами – величина V_{RAMn}^a , могут приниматься значения памяти, требуемой на отображение текстур, прозрачности и других особенностей построения. Значения указанных переменных могут меняться в довольно широ-

ких пределах, так как одну и ту же задачу в моделировании возможно решить разными способами в итоге добиваясь минимизации значения переменной.

Поэтапный подход определения показателей эффективности позволяет установить влияние отдельных этапов моделирования на эффективность функционирования проектируемой (модернизируемой) телекоммуникационной системы.

Статистические данные свидетельствуют о том, что эффект от внедрения технологий N -мерного моделирования заключается в более точном определении границ для местоположения телекоммуникационного оборудования (точность повышается на 10%); в снижении временных и финансовых затрат на создание, обеспечение ЭМС, поддержание в эксплуатации телекоммуникационных систем (до 30%) и на разработку проектной документации (в 2 раза) [14,21].

Выводы

Использование информационных технологий моделирования при выполнении аналитических расчетов, основанных на трехмерных моделях приборов, помещений, территорий, обеспечивает не только анализ и интерпретацию результатов оценки ЭМО, но и возможность дальнейшего использования разработанных трехмерных моделей в средах 4D, 5D, 6D. Разработана оценка эффективности подходов к проектированию телекоммуникаций с помощью N -мерных технологий.

Литература

1. Карлос, Р. Ф. Разработка алгоритмов размещения бортовых устройств и прокладки трасс кабелей подвижных объектов с учетом электромагнитной совместимости. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. тех. Наук // М.: МАИ. – 2009. – 15 с.
2. Файзрахманов, Н. И. // Формирование и актуализация перечней стандартов к техническому регламенту «Электромагнитная совместимость технических средств» [Текст] / Н. И. Файзрахманов // Технологии ЭМС. – 2014. – №1(48). – С. 64 – 66.
3. Кечиев, Л. Н. Моделирование цифровых устройств с использованием IBIS-описания интегральных схем: монография [Текст] / Л. Н. Кечиев, Н. В. Лемешко. – М.: Изд-во МИЭМ. – 2006 (М.). – 243 с.
4. Артюшенко, В. М. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех: монография [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, под науч. ред. док. технич. наук, проф. В. М. Артюшенко // Москва. – ФГОУ ВПО РГУТиС. – 2011. – 110 с.
5. Артюшенко, В. М. Эффективность защиты от внешних помех электропроводных каналов структурированных кабельных систем для передачи высокоскоростных информационных приложений [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Информационные технологии. – 2014. – №5. – С. 52 – 57.
6. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems. Biosci., Biotech. Res. Asia, Vol. 11(Nov. Spl. Edn.), pgs. 277-279 (2014). ISSN: 0973-1245. (Индия). (Scopus).
7. Аббасова, Т. С. Анализ влияния изменений параметров высокочастотных кабелей на характеристики мультимедийных кабельных систем [Текст] / Т. С. Аб-

-
- басова, К. Д. Щипунова // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. ст. IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС. – 2014. – С. 13 – 20 (272 с).
8. Аббасова, Т. С. Исследование устойчивости каналов связи структурированных кабельных систем к воздействию радиоизлучений [Текст] / Т. С. Аббасова // Двойные технологии № 4. – 2014г. – С. 72 – 74.
 9. Аббасова, Т. С. Аварийное планирование при обработке данных в электротехнических системах [Текст] / Т. С. Аббасова, А. Г. Никифоров // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – №2. – Т. 3. – 2007. – С. 23 – 27.
 10. Аббасова, Т. С. Использование лотков структурированных кабельных систем для электропроводки [Текст] / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – № 3, Т. 3. – 2007. – С. 30 – 32.
 11. Привалов, В. И., Боковой, Ю. В., Зимин, В. М., Харламова, Е. С., Четкин, В. А., Шевченко, Е. П. Повышение эффективности центров обработки данных для информационных систем [Текст] / В. И. Привалов, Ю. В. Боковой, В. М. Зимин, Е. С. Харламова, В. А. Четкин, Е. П. Шевченко / Двойные технологии. – №4. – 2014. – С. 75 – 78.
 12. Аббасова, Т. С., Привалов, В. И., Харламова, Е. С. Улучшение качества взаимодействия между абонентом и оператором в мультисервисных кабельных системах: сб. ст. 4-ой международной научно-практической конференции: «Современные научные исследования: инновации и опыт» // Россия, г. Екатеринбург, Национальный межотраслевой институт «Наука и образование». – 10-11.10.2014. – С. 6 – 8 (150 с.).
 13. Аббасова, Т. С. Применение диффузионной модели для балансировки нагрузки в неоднородных вычислительных системах [Текст] / Т. С. Аббасова, Д. М. Двоеглазов, А. А. Борисов // Сборник статей II-ой Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации». – Тольятти. – ПВГУС. – 2012, часть 1. – С. 14 – 20.
 14. Аббасова, Т. С. Обеспечение эффективности функционирования систем управления кабельной инфраструктурой. Исследования в области теоретических основ информатики и системного анализа [Текст] / Т. С. Аббасова, Ю. В. Стреналюк, Н. А. Васильев // Сб. трудов под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко. – Королев МО: ФТА. – 2014. – С.5–24.
 15. Аббасова, Т. С. Повышение эффективности эксплуатации высокоскоростной кабельной системы с помощью виртуальных технологий [Текст] / Т. С. Аббасова // Информационные технологии. – 2010. – №12/172. – С. 28 – 31.
 16. Артюшенко, В. М. Сервис информационных систем в электротехнических комплексах: монография [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко // Москва. – ФГОУВПО РГУТиС. – 2009. – 100 с.
 17. Артюшенко, В. М. Расчет вероятности блокировки CDMA-ячейки системы подвижной связи при учете структуры трафика [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 69-75.

-
18. Аббасова, Т. С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных [Текст] / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы // 2010. – №3. – Т.6. – С. 10 – 13.
 19. Аббасова, Т. С. Выбор структуры комплекса технических средств для сервисного обслуживания высокоскоростных электрических трактов структурированных кабельных систем [Текст] / Т. С. Аббасова, О. Ф. Умудумов // Электротехнические и информационные комплексы и системы // 2007. – № 4, т. 3. – С. 21 – 27.
 20. Умудумов, О. Ф. Технические средства для сервисного обслуживания высокоскоростных электрических трактов СКС [Текст] / О. Ф. Умудумов, Т. С. Аббасова // Вестник МГУС. Научный журнал. – 2008. – №1(4). – С. 77 – 85.
 21. Аббасов, А. Э. Оптимизационное моделирование: постулаты прошлого и теории нового времени [Текст] / А. Э. Аббасов, Т. С. Аббасова // сб. ст. 2-ой международной научно-практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» / Россия, г. Екатеринбург, Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 12-13.09.2014. – С. 6 – 8 (150 с.).

Восстановление и проверка корректности телеметрических данных

Т.С. Аббасова, к.т.н., доцент,

А.А. Комраков, магистрант,

Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрен способ унификации программного обеспечения для декомпозиции телеметрических данных за счёт выноса информации, содержащей подробности структуры передаваемых телеметрических данных и правил их интерпретации, в отдельный файл с использованием языков разметки, с учётом возможной зависимости правил интерпретации одних параметров от значения других.

Космические системы связи, телеметрия, коммутация.

Recovery and Verifying Telemetry Data

T.S. Abbasova, Ph.D., Associate Professor,

A.A. Komrakov, undergraduate,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The way of the unification of software decomposition telemetry data at the expense of the removal of information containing details of the structure of the transmitted telemetry data and rules for their interpretation, to a separate file using markup languages, with the account of the possible interpretations of the rules, depending on the value of other parameters.

Space communication systems, telemetry, switching.

На этапе проведения опытно-конструкторских работ при создании новых образцов высокоточного вооружения необходимо оценить функционирование сложного технического объекта на основе анализа регистрируемых датчиками параметров [1, С.17]. Параметры передаются с объекта в центр обработки данных в форме структурированного бинарного потока данных – группового телеметрического сигнала (ГТС). Параметры разных типов ГТС передаются с разной частотой, так как ГТС имеет достаточно сложную структуру. Каждый ГТС сопровождается описанием структуры, которое позволяет на этапе обработки и анализа декомпозировать сложный информационный поток на отдельные параметры. При передаче ГТС в ряде случаев сопровождающие их описания структуры отсутствуют или содержат неточности. Актуальна разработка новых подходов и алгоритмов обработки телеметрической информации для восстановления или проверки корректности описания ГТС.

Постановка задачи: повышение эффективности информационной поддержки процесса принятия конструкторских и управленческих решений путём автоматизации сбора, обработки и анализа телеметрической информации по сопровождаемым изделиям.

Анализ способов описания информационного обмена при контроле состояния образцов высокоточного вооружения

До активного внедрения цифровых технологий в ракетостроение, контроль работоспособности изделий во время наземных испытаний производился с помощью пультов и расположенных на них контрольных ламп. Оператор выполнял последовательность операций по проверке изделия и на основании индикации следил, корректно ли работают все системы ракеты. В случае сбоя, делалась отметка в журнале, созывалась экспертная комиссия, и путём многократных интерактивных проверок выяснялось, какая система некорректно работает. Глубина контроля изделия была низкая, оперативно и точно выявить причину сбоя было крайне сложно.

Такой подход имел массу недостатков, занимал много времени, требовал многократных включений систем ракеты, имеющих очень ограниченный ресурс, требовал постоянного присутствия специалистов по системам ракеты в испытательных цехах. Также сложно было документировать результаты испытаний, сравнивать результаты экспериментов, проведённых в разное время и в разных местах. Из-за этого многие одинаковые проверки приходилось делать многократно.

С началом внедрения цифровых технологий в ракетостроение возможности контроля состояния изделий значительно расширились. Современные изделия позволяют получать данные о многих сотнях параметров с частотой в тысячи герц. Вместо индикаторных ламп по информационным каналам на контрольно-проверочную аппаратуру (КПА) с ракеты поступают массивы цифровых параметров о работе всех систем. Это, с одной стороны, приводит к лучшему пониманию текущего состояния изделия, а с другой стороны, к увеличению объёмов информации для анализа.

Количество параметров ГТС, передаваемых по цифровым каналам передачи данных, постоянно растёт, о чем свидетельствуют данные рисунка 1. Процесс анализа при использовании традиционных подходов затягивается по времени и становится существенно человекозависимым.

Так, при традиционном подходе информация о проверках хранится на рабочих местах, где она была получена, и доставляется специалистам, осуществляющим её анализ, на сменных носителях. Каждый конкретный специалист, получая первичную информацию, тратит львиную долю времени только на приведение информации к удобному для него виду. Для изменения текущего положения возникла необходимость разработать комплекс решений.

При использовании традиционных подходов к проведению контроля качества разрабатываемых изделий, результаты, полученные в ходе наземных проверок и испытаний, хранятся на рабочих местах, подключённых к контрольно-проверочной аппаратуре.

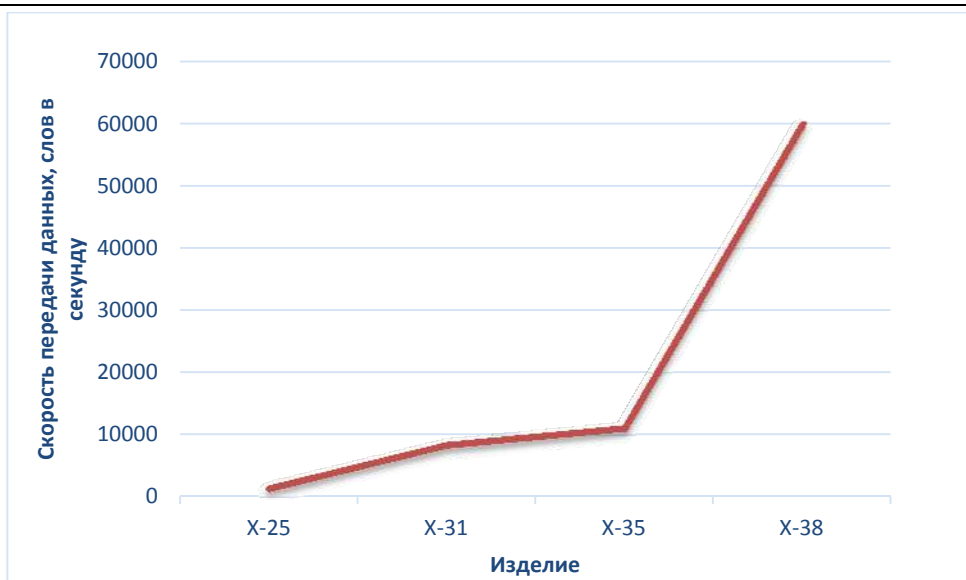


Рисунок 1 – Рост количества передаваемых параметров

Каждый оператор систематизирует полученную информацию на своё усмотрение. Информация хранится на нескольких компьютерах, расположенных в разных цехах предприятия. До конечных пользователей информация доставляется на сменных носителях. В результате нет оперативности получения информации, а поиск к исторической информации крайне затруднён.

Для улучшения качества этого процесса необходима разработка системы, осуществляющей автоматизированный централизованный сбор и хранение всей телеметрической информации в единой базе данных по каждому контролируемому изделию [2, С.70, 3. С.77, 4, С.100].

Телеметрическая информация содержит результаты проверки конкретного изделия в его текущем состоянии. Для возможности адекватного анализа данных необходимо знать комплектацию изделия в плане устройств, способных к информационному обмену, их типы, версии встроенного в них программного обеспечения, версию протокола обмена и т.д. Так же необходимо знать историю этих устройств и вносимые в них доработки.

Поэтому необходима система обеспечивающая возможность ручного ввода и хранения текущей и исторической информации о составе опытных изделий и информации о движении окончных устройств и составных частей (поступление, доработка, ремонт, списание).

Эта информация должна отражать не только существующее положение дел, но и должна позволять получить информацию о состоянии опытных изделий на произвольную дату его жизненного цикла.

Обработка телеметрической информации неразрывно связана с описанием массивов (структур, кадров и т.п.) каждого сеанса обмена. На сегодняшний день нет стандартов для описания информации о массивах информационного обмена. Многообразие телеметрируемых систем порождает многообразие в описании массивов информационного обмена. Зачастую в процессе разработки из-

делий участвует несколько предприятий. На каждом предприятии имеется свой, исторически сложившийся, способ описания информации такого рода. Традиционным решением в этом случае является использование бумажных носителей (или их цифровых эквивалентов) для обмена информацией о массивах информационного обмена.

Основной недостаток такого подхода заключается в отсутствии четко определенной структуры представления данных и, как следствие, существенные временные потери на преобразование информации на всем этапе жизненного цикла изделия при проведении ОКР.

Вторым ключевым моментом при создании программ обработки телеметрической информации является отсутствие регламентирующих документов на разработку самих программ обработки. В результате имеется множество программных продуктов, совмещающих в себе как описание обрабатываемых параметров, так и логику работы с данными параметрами. Жизненный цикл таких программных продуктов заканчивается, как только в массивы информационного обмена вносятся коррективы (даже незначительные). На этапе проведения ОКР перспективных образцов вооружения такой подход не приемлем.

Логичным решением в данной ситуации является создание унифицированного программного обеспечения обработки телеметрической информации с вынесением описания массивов информационного обмена в отдельный файл со структурой четко оговоренной между всеми соисполнителями опытно-конструкторских работ [5, С.24].

Анализ основных затрат рабочего времени при обработке результатов испытаний

Для выявления основных затрат рабочего времени при анализе результатов испытаний на этапе опытно-конструкторских работ целесообразно использовать диаграмму Парето. Используется диаграмма Парето при выявлении наиболее значимых и существенных факторов, влияющих на возникновение несоответствий или брака. Это дает возможность установить приоритет действиям, необходимым для решения проблемы. Кроме того, диаграмма Парето и правило Парето позволяют отделить важные факторы от малозначимых и несущественных.

Таблица 1 – Основные затраты рабочего времени при проведении анализа результатов испытаний

Этап анализа результатов испытаний	Время в минутах
Сбор информации	30
Первичная обработка	10
Проверка физических величин на допустимость	10
Подготовка специального программного обеспечения	30
Предоставление информации потребителям	20
Анализ	5
Потери времени по организационным причинам	5
Всего	110

Основные затраты рабочего времени при проведении анализа результатов испытаний с использованием традиционных подходов приведены в таблице 1.

Для построения диаграммы Парето на рисунке 2 необходимы следующие данные:

- типы (признаки) случаев, фактов (данные лучше всего располагать в убывающем порядке, в начале таблицы тип события, имеющий наибольшее количество повторений, в конце таблицы - наименьший);
- количество появлений (повторений) каждого типа;
- накопленная сумма числа каждого типа (с нарастающим итогом: к числу предыдущего типа прибавляется следующее);
- процент числа по каждому признаку в общей сумме;
- накопленный процент (с нарастающим итогом).

Таблица 2 – Затраты рабочего времени при проведении анализа результатов испытаний

Затраты времени	Время на операцию	Накопленное время	Накопленный процент
Сбор информации	30	30	27
Подготовка СПО	30	60	55
Предоставление информации	20	80	73
Проверка физических величин	10	90	82
Первичная обработка	10	100	91
Анализ	5	105	95
Потери времени по организационным причинам	5	110	100

Из диаграммы рисунка 2 видно, что при использовании традиционных подходов основные затраты времени при анализе результатов испытаний приходятся на 3 операции:

- сбор информации о результатах испытаний;
- подготовка специального программного обеспечения;
- предоставление информации потребителям.

Для минимизации затрат времени при выполнении обработки и анализа результатов испытаний в соответствии с поставленной целью разработана система информационного сопровождения изделий на этапе опытно-конструкторских работ.

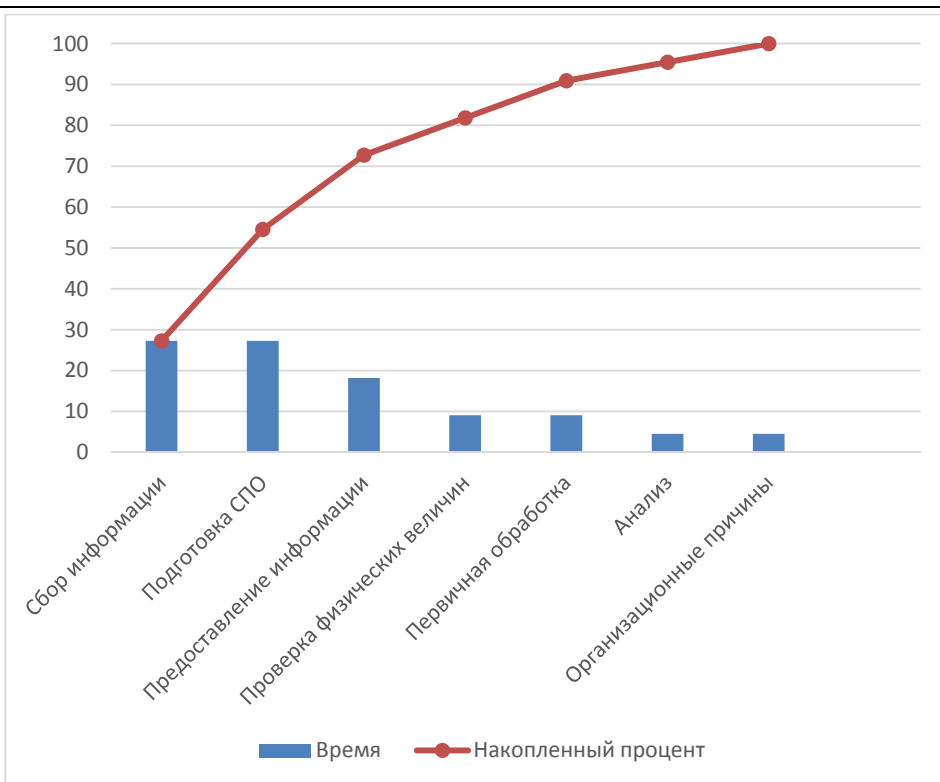


Рисунок 2 – Диаграмма Парето: затраты рабочего времени при проведении анализа результатов испытаний

Для минимизации затрат времени при выполнении обработки и анализа результатов испытаний в соответствии с поставленной целью разработана система информационного сопровождения изделий на этапе опытно-конструкторских работ.

Во время проведения самих испытаний основными причинами неудач являются следующие:

- ошибки оператора при выполнении автоматизированных проверок;
- ошибки внесения исходных данных;
- ошибки математической модели;
- ошибки сборки опытного образца.

Из анализа этих причин можно сделать вывод, что основная проблема при проведении испытаний – человеческий фактор.

Способ обработки телеметрических данных об объектах испытаний

Один из способов повышения эффективности обработки результатов испытаний – унификация программного обеспечения для декомпозиции телеметрических данных [6, С.72].

При проведении испытаний сложных динамических объектов контроль и оценка состояния объекта осуществляются на основе анализа передаваемой с

объекта телеметрической информации. Передаваемые данные содержат информацию, полученную от датчиков, установленных на объекте, и представляют собой структурированный двоичный поток. Для извлечения контролируемых параметров из двоичного потока (декоммутиация параметров) необходимо детальное описание структуры потока.

Двоичное представление данных по сути совпадает с внутренним представлением данных в оперативной памяти компьютера. Выше уровня отдельных байтов большинство двоичных форматов используют минимальное количество примитивных типов данных: различные представления чисел, текстовые строки, битовые поля и так далее, которые затем комбинируются в более сложные структуры.

Для декоммутиации параметров из потока данных программа должна точно знать структуру потока, формат пакетов, размерность и типы данных, формулы преобразования параметров, правила интерпретации функционально зависимых параметров и т.п.

В литературе [7, С.123] формально процесс декоммутиации представляется как отображение

$$D: \langle B_1 \dots B_n \rangle \times S \rightarrow \langle P_1 \dots P_k \rangle \quad (1)$$

где $\langle B_1 \dots B_n \rangle$ двоичная последовательность данных; S – набор информации, достаточный для распаковки на наборы измерений отдельных параметров $\langle P_1 \dots P_k \rangle$.

Однако эта формула не отражает того, что на практике часто интерпретация одних параметров может быть функционально зависима от значений других параметров.

Правильнее было бы написать так:

$$\left\{ \begin{array}{l} D: \langle B_1 \dots B_n \rangle \times S \rightarrow \langle P_1 \dots P_k \rangle \\ D: \langle B_1 \dots B_n \rangle \times S(P_x) \rightarrow \langle P'_1 \dots P'_m \rangle \end{array} \right. \quad (2)$$

где $P_x \in \langle P_1 \dots P_k \rangle$.

Примером P_x может быть параметр, сообщающий о варианте исполнения какого-либо блока, входящего в состав сложной системы, соответственно в зависимости от варианта блока, процедуры интерпретации полученных от него параметров могут различаться.

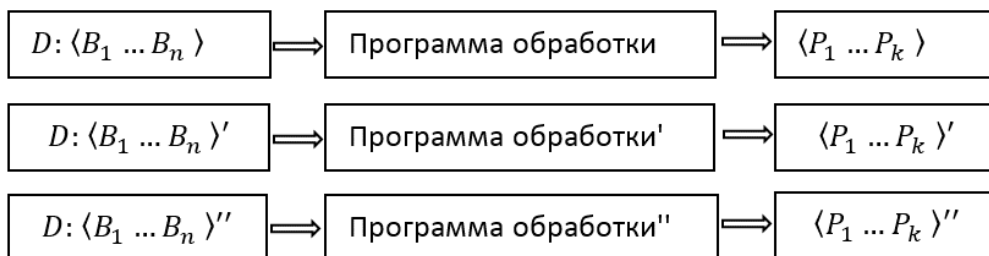


Рисунок 3 – Традиционный подход

Описание структуры данных внутри программного кода программ обра-

ботки имеет существенный недостаток. При любом изменении формата потока требуется внесение соответствующих изменений в исходный код программы. Внесение изменений в программный код всегда связано с вероятностью появления новых ошибок. При традиционном подходе, схема которого приведена на рисунке 3, сопровождение многочисленных версий программного продукта может стать существенной нагрузкой на штат, занятый сопровождением.

В ряде случаев, когда применение программного обеспечения может приводить к проявлению рисков, обусловленных внутренними свойствами самих программных продуктов, программное обеспечение проходит различные независимые экспертизы, на проверку соответствия характеристик программы определенным стандартам. Внесение изменений в код таких программ может быть особенно затруднительным.

На практике целесообразно использовать подход, основанный на онтологии. В данном случае под онтологией понимается некая структура, концептуальная схема, описывающая (формализующая) значения элементов некоторой предметной области. Онтология состоит из набора терминов и правил, описывающих связи, правила и ограничения, принятые в этой области [6, С.72, 8, С.65].

Технически это может быть реализовано как текстовый файл, использующий какой-либо язык разметки, содержащий подробности структуры данных и правила их интерпретации. При использовании такого метода, с одной стороны, возрастает сложность программы, работающей с данными, с другой стороны появляется возможность унифицировать программное обеспечение. При таком подходе набор информации S из формул (1), (2) можно считать онтологическим описанием и вынести за пределы программы обработки, как это показано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Предлагаемый подход

Допустим, поток двоичных данных состоит из последовательности пакетов, содержащих заголовки, с помощью которого можно идентифицировать к какой части предметной области относится дальнейшие данные и некоторая последовательность байтов. Тогда, если структура потока не содержит зависимостей между декоммутированными параметрами, онтологическое описание может быть довольно простым. Оно должно содержать:

- идентификатор пакета (id)

-
- смещение внутри пакета в байтах или битах (offset)
 - тип данных, битовое поле, числа в различных представлениях и т.п.(type)
 - формула преобразования и/или значение подставляемые в формулу преобразования (в примере ниже cmr – цена младшего разряда)
 - название параметра (name)
 - описание параметра (description)
 - единицы измерения (unit)

С использованием языка разметки xml это может выглядеть так:

```
<param id="0x75" offset="2" type="int16" cmr="0.2" name="h"
description="Высота" unit="m">
```

С учётом формулы (10) тип и назначение какого-либо параметра P_i может зависеть от значения другого параметра P_k . Поэтому часто S нельзя свести к простой таблице содержащий информацию о положении параметра в потоке.

В таком случае описание параметра должно содержать несколько вариантов интерпретации, каждый их которых помимо выше перечисленного списка содержит условие с ссылкой на другой параметр. К перечисленному выше списку обязательных полей онтологического описания добавляется:

- ссылка на параметр (link)
- условие (condition)

Например:

```
<param id="0x74" offset="2" type="int16"
name="flags" description="Признаки" >
<param id= "0x74" >
  <case link="flags" condition=" ( flags AND 0x0001) == true">
    <value offset="4" type="int16" cmr="1" name="h"
description="Высота" unit = "m" />
  </case>
  <case link="flags" condition=" ( flags AND 0x0001) == false">
    <value offset="4" type="int32" cmr="1" name="h"
description="Высота" unit = "mm" />
  </case>
</param>
```

В данном примере интерпретация параметра «h» зависит от значения младшего бита в другом полученном параметре «flags». Если младший бит установлен в единицу мы интерпретируем параметр как шестнадцатибитный целно численный измеряемый в метрах, в противном случае как тридцатидвухбитный измеряемый в миллиметрах.

Также вместо ссылки на другой параметр может использоваться полное его описание, согласно приведённого для простого параметра списка.

Выводы

Проведенные исследования показали, что разработанная система информационного сопровождения образцов высокоточного вооружения на этапе опыт-

но-конструкторских работ позволяет снизить затраты рабочего времени при проведении обработки телеметрических данных об объектах испытания и анализа результатов испытаний на 30%.

Литература

1. Артющенко, В. М. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и ракетно-космической техники [Текст] / В. М. Артющенко, Н. А. Васильев, Т. С. Аббасова // Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании / Сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер». – Финансово-технологическая академия, ФТА. – 2014. – С. 17 – 22 (426 с.).
2. Артющенко, В. М. Расчет вероятности блокировки CDMA-ячейки системы подвижной связи при учете структуры трафика [Текст] / В. М. Артющенко, Т. С. Аббасова // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 69-75.
3. Артющенко, В. М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций [Текст] / В. М. Артющенко, Т. С. Аббасова, Б. А. Кучеров // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 76-82.
4. Артющенко, В. М. Исследование параметров модели потока ошибок в дискретных каналах связи [Текст] / В. М. Артющенко // Вопросы региональной экономики. №1(6). – 2011. – С.96 – 107.
5. Васильев, А. В. Организация процесса обработки телеметрической информации с использованием технологии семантических веб-служб [Текст] / А. В. Васильев, В. В. Геппенер, А. О. Дерипаска, Н. А. Жукова, А. Б. Тристанов // Компьютерные и информационные технологии в науке и образовании. – СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2010.
6. Комраков, А. А. Унификация программного обеспечения для декомпозиции телеметрических данных [Текст] / А. А. Комраков // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 5-3. – С. 71-74.
7. Ричард Э. Смит Аутентификация: от паролей до открытых ключей = Authentication: From Passwords to Public Keys First Edition // М.: «Вильямс». – 2002. – С. 432.
8. Ступнев, В. Ю. Система информационного сопровождения изделий на этапе проведения опытно-конструкторских работ [Текст] / В. Ю. Ступнев, А. А. Комраков. // Труды МАИ. –2011. – № 45. – С. 65.

Организация подключения лабораторного сетевого стенда к серверу виртуализации

К.В. Анфалов, ассистент,
Д. А. Салауров, студент,
И. В. Тимофеев, студент,

Поволжский Государственный Университет Сервиса, г. Тольятти, Россия

Статья посвящена вопросам связи сервера виртуальных машин с учебной телекоммуникационной стойкой. Целью данной работы является увеличение рабочих узлов сети, способных подключиться к лабораторному стенду, что позволит эффективней использовать парк машин. Приводится пример альтернативы реальному (физическому) оборудованию.

Dlink, сетевая лаборатория, виртуализация, учебное оборудование.

Organization of Connection of the Laboratory Network Stand to the Virtualization Server

K.V. Anfalov, assistant,
D.A. Salaurov, student,
I.V. Timofeev, student,

Volga Region State University of Service of Tolyatti, Russia

Article is about communication server of virtual mashines(hypervisor KVM) with educational telecommunication rack. The purpose of this work is increase working hosts of a network capable to be connected to the laboratory stand. It allows to use a park of computers more effectively. In this article we can see an example of virtual alternative to the real (physical) equipment.

Dlink, network laboratory, virtualization, learning telecommunication system.

С распространением современных сетевых технологий возникает потребность, в людях, способных конфигурировать и поддерживать оборудование на котором построена сеть [2]. Однако, даже при наличии телекоммуникационного оборудования для реализации больших учебных топологий требуется большое количество рабочих станций. Но при современной доступности технологий виртуализации нет необходимости приобретать большое количество ПК.

Актуальность работы состоит в том, что виртуализация снижает затраты на приобретение и содержание оборудования, экономит место в помещении. Также технология виртуализации значительно повышает безопасность и отказоустойчивость системы в целом, что хорошо сказывается на надежности и упрощении администрирования.

Для решения задач по сборке топологий достаточно мощностей одной машины. После создания такого сервера возникает проблема в его подключении

к телекоммуникационному оборудованию. Так как физическое и логическое размещение устройств (сервера и стенда) разное – они разделены помещениями и находятся в разных VLAN. Также если не поместить каждую машину в отдельный VLAN данные всех запущенных VM на сервере будут отсылааться на телекоммуникационный стенд совместно, как трафик с сервера. Это в свою очередь означает, что мы не сможем собирать топологии с отдельными машинами.

В процессе работы производился выбор между технологиями симуляции, паравиртуализации и эмуляции [3]. Выбор был сделан в пользу той, которая наиболее удовлетворяет учебным требованиям описанным в статье [1]. Паравиртуализация не подходит по причине неудобства модификации ОС. Симуляция больше подходит для предоставления упрощенной наглядной работы системы и не может предоставить во всей полноте функционал реальной ОС. Самым подходящим решением будет эмуляция, таким образом, на виртуальных машинах используются реальные ОС и у практикантов появится опыт работы с реальными операционными системами.

В процессе лабораторных работ приходится сталкиваться с топологиями, представленными на рисунке 1. При этом студенту необходимо 4 отдельных физических машин. Для того что бы избежать такой траты ресурсов выгодней прибегнуть к помощи VM.

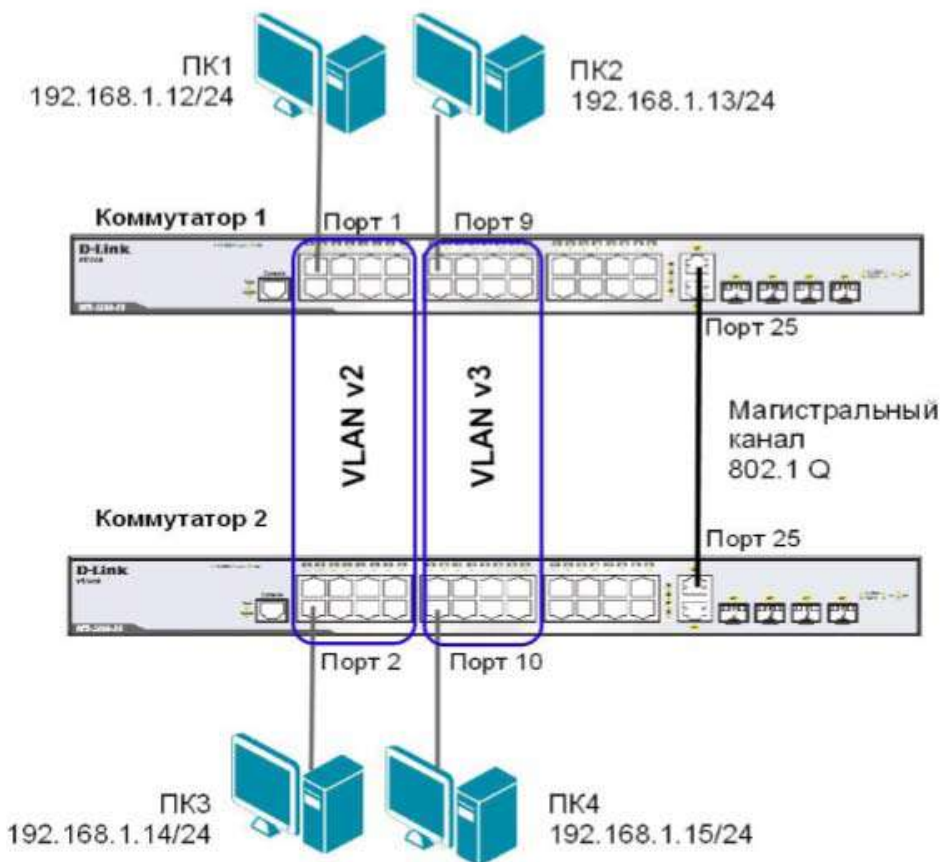


Рисунок 1 – Схема лабораторной работы VLAN[4]

Схема типичной лабораторной работы, с которой сталкиваются студенты в рамках знакомства с технологией виртуальных сетей на базе стандарта 802.1Q[4]. В рамках работы студенты отрабатывают создание двух логических виртуальных сетей, объединённых с помощью одного магистрального канала.

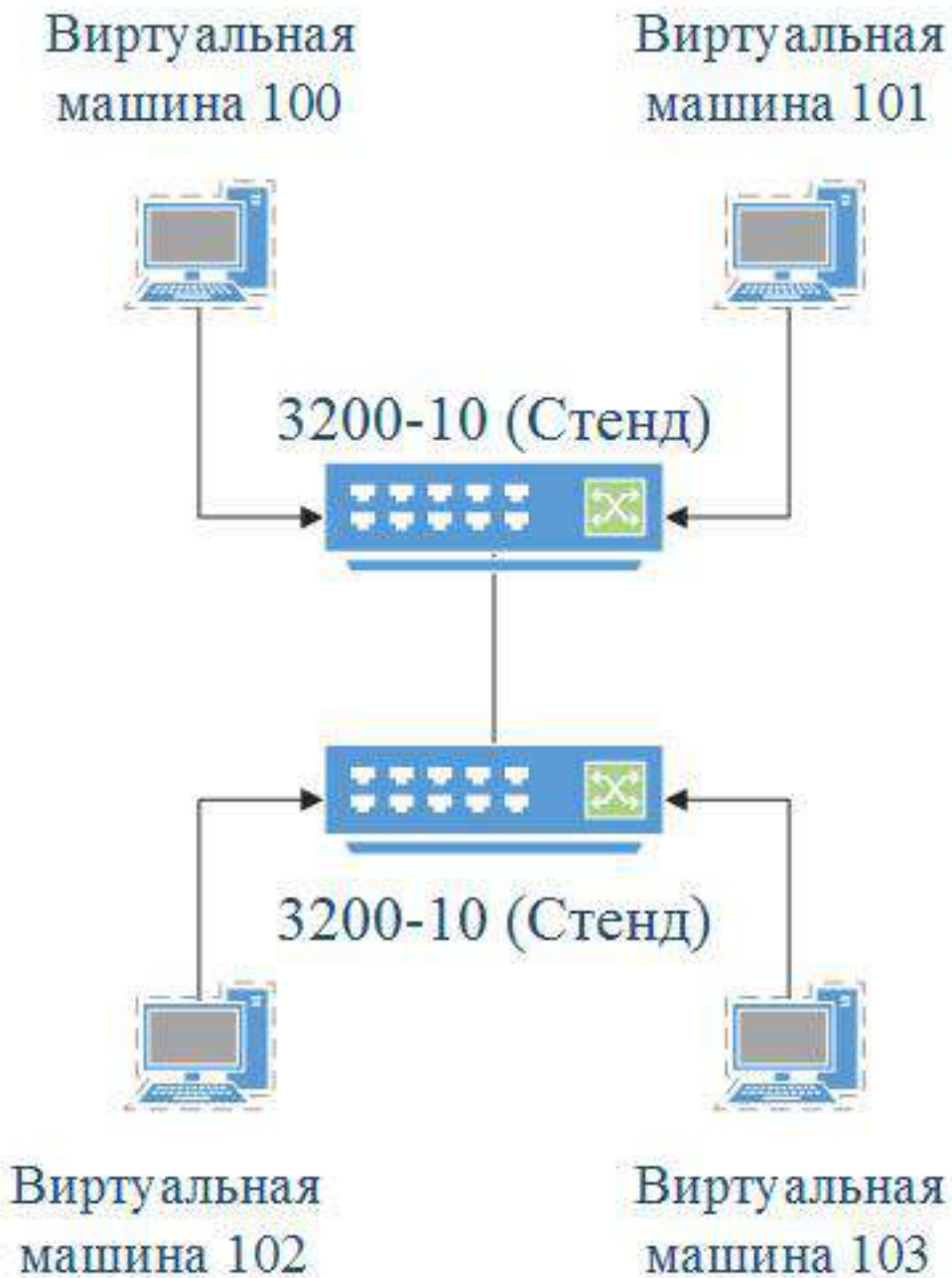


Рисунок 2 – Логическая топология сети

В сетевой лаборатории ВУЗа, построение даже такой простейшей топологии занимает 2 коммутатора из стойки, и половину компьютеров в аудитории. Таким образом, одновременно можно проводить занятия с двумя рабочими группами, а вариант индивидуальной работы в таком контексте не может быть рассмотрен в принципе.

Нами была предложена модель совместного использования ресурсов виртуальных машин и реального оборудования. На кафедре ведется разработка программно-аппаратного комплекса для удаленного доступа к сетевой лаборатории[5]. Использование виртуальных машин это одно из направлений, которое активно развивается.

Рассмотрим построение этой лабораторной работы, на нашем стенде. Логически схема будет выглядеть, как представлено на рисунке 2.

Если сравнить рисунок 1 и рисунок 2, можно отметить, что из реального оборудования остались только коммутаторы, а машины были заменены виртуальными хостами, таким образом мы можем уже рассматривать работы индивидуальной работы студентов с оборудованием или разбивать поток на большее количество рабочих групп (ограничением в данном случае будет количество коммутационного оборудования).

Перейдем к рассмотрению схемы организации физической топологии сети лаборатории и подключения сервера (рис. 3), а также рассмотрим основные моменты настройки коммутационного оборудования.

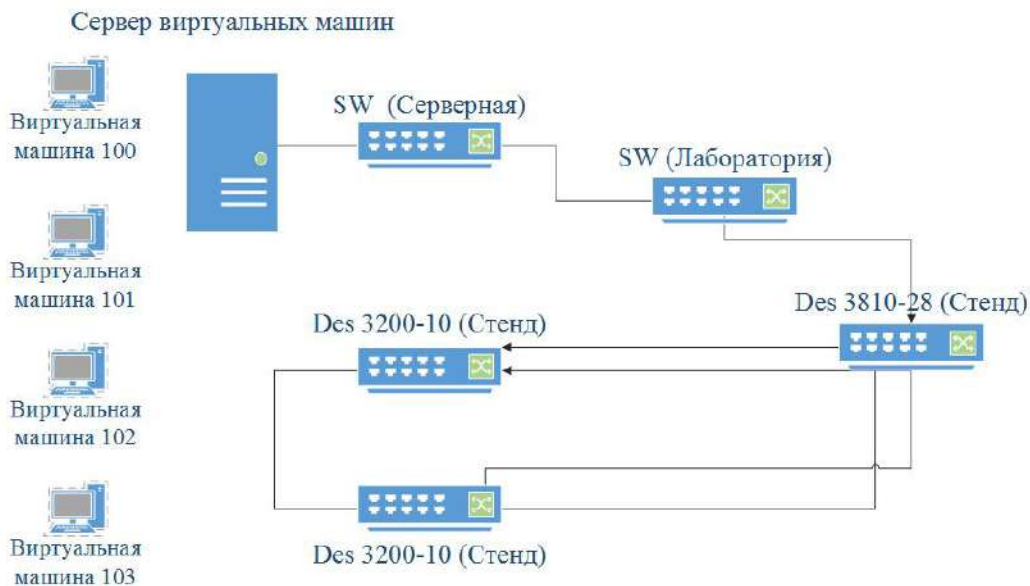


Рисунок 3 – Физическая топология подключения виртуальных машин к лабораторному стенду

Сервер виртуальных машин KVM под управлением ОС Linux Ubuntu подключен к коммутатору Dlink DGS-3200-10 в серверном помещении. Порт коммутатора настроен в режим приема тегированного и не тегированного трафи-

ка.

Каждая из запущенных на сервере виртуальных машин находится в отдельных VLAN (100, 101 .. 103...). Таким образом, все они логически подключены к разным сетям на сервере. Сетевой мост соединяет гипервизор и физическую сеть. На коммутаторах в серверной и лаборатории порты настроены в магистральном режиме и прозрачно передают тегированный трафик, доставляя его в лабораторию.

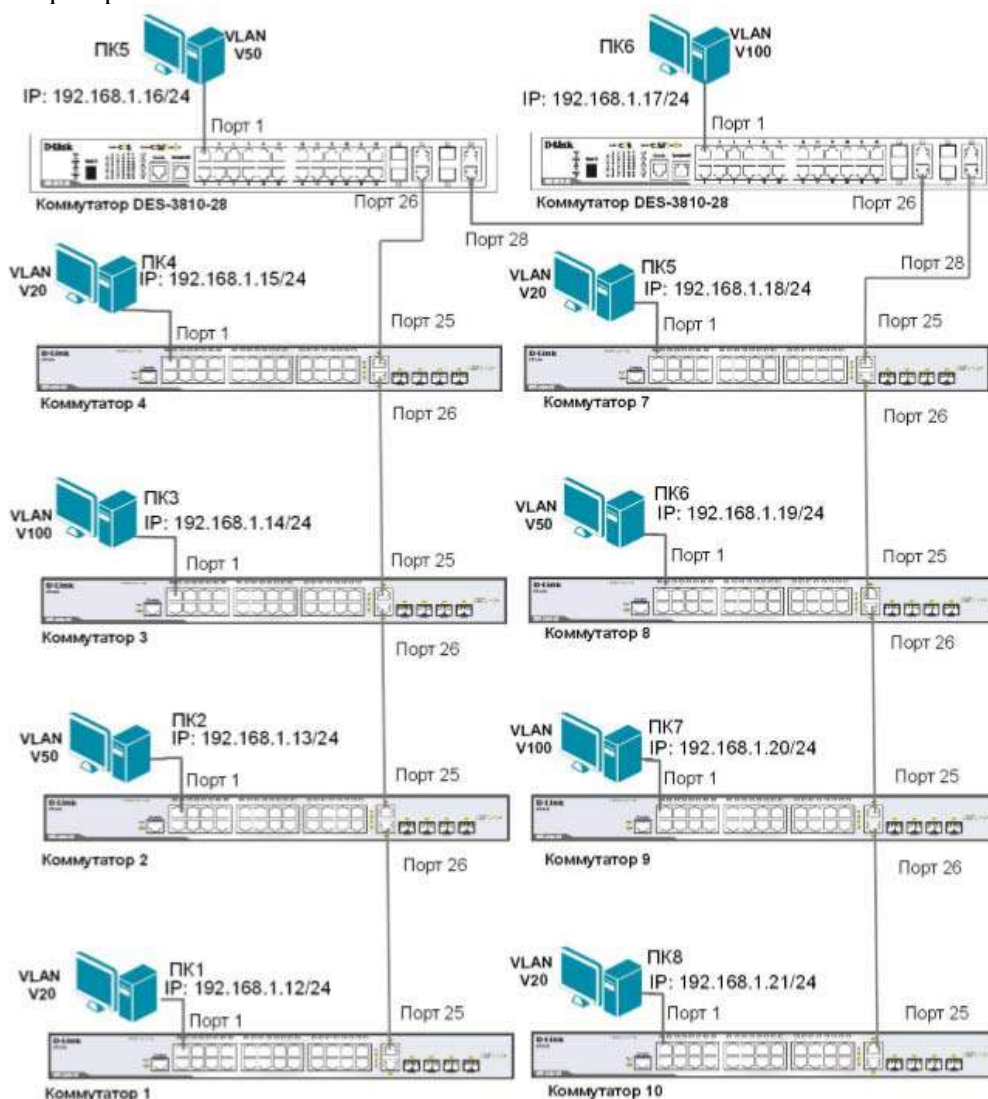


Рисунок 4 – Пример сложной лабораторной работы [4]

Трафик от виртуальных машин подается на коммутатор в серверной тегированным, а трафик от гипервизора, на котором они находятся, подается без тега, таким образом, происходит разграничение пакетов. От виртуальных машин тегированный трафик идет в лабораторию до DES 3810-28, где порты в режиме

доступа снимают метку и далее трафик поступает на лабораторные коммутаторы 3200-10, как будто это трафик от отдельных машин, которые подключены в лаборатории. Каждый порт доступа на DES 3810-28 настраивается под определенный VLAN, согласно номеру виртуальной машины, таким образом, каждая виртуальная машина имеет свой порт. Приходя на коммутатор тегированный трафик отправляется на соответствующий ему порт, при этом тег снимается. При этом каждому порту соответствует отведенный ему VLAN.

Таким образом решается проблема нехватки рабочих узлов, и каждый студент может, работая со стендом, собирать учебные топологии, согласно лабораторной схеме используя одну физическую машину, не занимая дополнительных мест. Важным моментом является то, что студент может работать без прав администратора и не трогать сетевые настройки[5].

Схема на рисунке 1 довольно проста, но есть топологии, гораздо требовательнее в ресурсах. Так, например, топология, показанная на рисунке 4, требует 10 машин. И технология виртуализации рабочих узлов здесь очень актуальна. Для того что бы собрать топологию на рисунке 4 потребуется весь учебный класс и это только для построения одной схемы для подгруппы. Более того в некоторых компьютерных классах чисто физически может не хватить машин. Предложенный метод использования лабораторного оборудования значительно повышает эффективность работы. Для сборки больших топологий ранее студентам приходилось разбиваться на группы, или выполнять работы по очереди, но с внедрением сервера виртуальных машин у отдельного студента появляется возможность во всех лабораторных работах лично собирать схемы и производить настройку.

В заключение необходимо сказать, что внедрение данного решения в значительной мере способствовало развитию процесса обучения и его выхода на новый уровень. Благодаря использованию технологий виртуализации появилась возможность увеличить количество обучаемых студентов в сетевой лаборатории, что в свою очередь повысило скорость выполнения работ в группе и освободило дополнительное время на разъяснение и комментирование пройденного материала, а появилась возможность выполнения дополнительных работ (больше доступных аппаратных ресурсов и времени). Повысилось качество, за счет того, что, каждый студент стал полностью самостоятельно выполнять работу, более детально прорабатывая и осмысливая все ее аспекты.

Литература

1. Салауров, Д. А. Использование средств виртуализации для обучения сетевым технологиям [Текст] / Д. А. Салауров, А. Д. Железнов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. Сборник статей VIII МНПК студентов, аспирантов и молодых специалистов «Наука и творчество: взгляд молодых профессионалов». – ПВГУС. – 2015. – 551 с.
2. Таненбаум, Э. С. Современные операционные системы [Текст] / Э. С. Таненбаум // 3-е изд. – СПб.: Питер. – 2015. – 1115 с.
3. Таненбаум, Э. С. Компьютерные сети: [пер. с англ.] [Текст] / Э. С. Таненбаум // СПб.: Питер. – 2014. – 960 с.

-
4. Смирнова, Е. В. Построение коммутируемых компьютерных сетей [Текст] / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Р. А. Федотов // 1-е изд. – Библиогр.: с. 367. – СПб.: Москва. – 2012. – 367 с.
 5. Анфалов, К. В. Проектирование удаленной сетевой лаборатории Cisco [Текст] / К. В. Анфалов, С. Н. Литяев // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2015. – № 5. – С. 49-54.
 6. Смирнова, Е. В. Управление коммутируемой средой [Текст] / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Р. А. Федотов // М.: РУСАКИ. – 2011. – 335 с.
 7. Руководство пользователя коммутаторов D-Link [электронный ресурс] Режим доступа: <ftp://ftp.dlink.ru>.

**Управление сложными научно-техническими системами
на основе гибридного интеллекта**

М.Н. Бухаров, к.т.н., доцент, с.н.с.,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы управления сложными научно-техническими системами с использованием методов и средств гибридного интеллекта. Суть исследуемой проблемы сводится к выявлению и научному обоснованию возможностей систем гибридного интеллекта в разрешении данных трудностей и дальнейшему развитию теории, которая показывает пути проектирования, стандартизации, моделирования и совершенствования таких систем.

Сложная техническая система, гибридный интеллект, управление.

**Management of Difficult Scientific and Technical Systems
on a Basis Hybrid Intelligence**

M.N. Bukharov, Ph.D., Associate Professor, senior researcher,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

Questions of management of difficult scientific and technical systems with use of methods and means of hybrid intelligence are considered. The essence of the studied problem is reduced to identification and scientific justification of opportunities of systems of hybrid intelligence in permission of these difficulties and to further development of the theory which shows ways of design, standardization, modeling and improvement of such systems.

Complex engineering system, hybrid intellect, control.

Введение.

Нами было замечено, что в работе сложных научно-технических систем (СНТС) существуют определенные противоречия:

1. Экспоненциальный рост информации, определяющей функционирование сложных научно-технических систем, несовместим с большим временем их создания и изменения и возможностями субъектов этих систем.
2. Работа современной сложной научно-технической системы должна основываться на широком использовании возможностей информационной среды, для формирования которой требуется активная работа специалистов по информационным технологиям. В то же время недостаточно проработаны принципы создания информационных систем нового поколения.
3. Традиционные формы управления СНТС не обеспечивают решения

всех задач организации эффективного управления ими, но ограничены и возможности современных информационных технологий. Таким образом, возникает потребность в интеграции информационных и телекоммуникационных технологий и человеческого интеллекта для взаимообогащения их возможностей.

4. В ходе наметившейся технологизации управления в качестве основной цели зачастую выступает подготовка квалифицированных участников рабочих процессов без учета необходимости новых подходов к организации СНТС. Однако человек с недостаточно развитым творческим мышлением в дальнейшем испытывает трудности в принятии решений в нестандартных ситуациях. Соответственно, требуется разработка технических «усилителей» человеческого разума.

В этой связи суть исследуемой проблемы сводится к выявлению и научному обоснованию возможностей систем гибридного интеллекта в разрешении данных трудностей и дальнейшему развитию теории, которая показывает пути проектирования, стандартизации, моделирования и совершенствования таких систем.

Основные положения теории систем гибридного интеллекта.

В [1] дано определение гибридного интеллекта: «гибридный интеллект – машино-активизированное семантическое мышление с использованием машино-управляемой грамматически-организованной информации».

В [2] 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 и 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 [3], 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 [3].

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.

Нами была разработана [3] функционально-структурная схема (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.



Рисунок 1 – Функционально-структурная схема СГИ

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.

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.

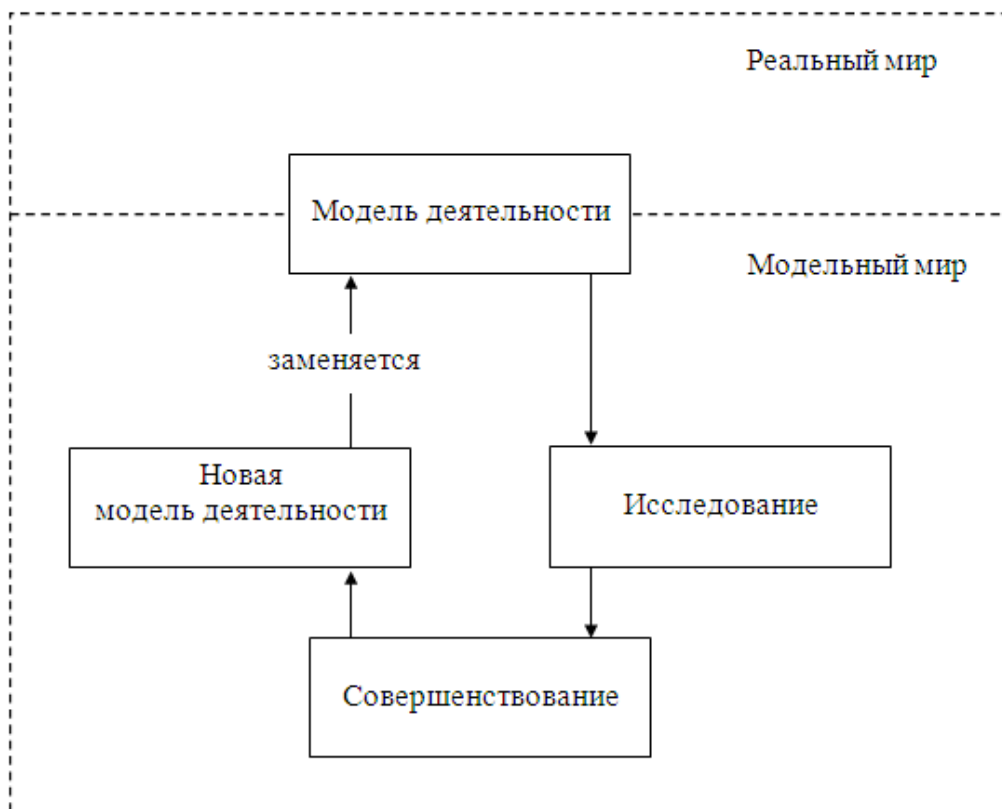


Рисунок 2 – Схема использования системы гибридного интеллекта

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 реальной действительности при моделировании

управления и повышает реалистичность презентаций при имитации управления.

Такая организация систем управления СНТС 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. Важно отметить, что в нашем подходе на этапах проектирования, создания и использования системы используется одна и та же имитационная модель. Схематично это изображено на рисунке 2.

При проектировании и исследовании СНТС мы рассматриваем их как системы гибридного интеллекта и используем следующие уровни их представления: 1) уровень черного ящика; 2) уровень функциональной структуры; 3) уровень алгоритмов; 4) уровень программной реализации.

Уровень черного ящика. Управление сложной системой реализуется множеством взаимодействующих процессов. Причем эти процессы в системе гибридного интеллекта выполняются частично в компьютере, а частично в коллективе людей (сотрудников и контрагентов организации).

Система гибридного интеллекта имеет структуру и логику функционирования. Структура системы гибридного интеллекта задается составом процессов и их состояний и составом и структурой функциональных подсистем, а логика – решающими правилами (событиями) для всех состояний всех процессов всех подсистем управления.

Под процессом понимается совокупность состояний. В каждый момент времени процесс может находиться только в одном состоянии. Это состояние называется текущим (или активным) состоянием процесса. Состояния одного процесса выполняются последовательно, а текущие состояния всех процессов выполняются одновременно. Логически взаимосвязанные группы процессов называются подсистемами.

Состояние – это некоторая логически обособленная часть (фрагмент) деятельности. Состояние описывается множеством событий. Каждое событие состоит из пары «Условие-Действие». Событие наступает, если выполняется условие. Наступление события – это выполнение связанного с ним действия.

Система гибридного интеллекта и соответствующая ей деятельность имеют интегральные показатели: C_0 – суммарная стоимость обеспечения деятельности; T_0 – средняя продолжительность основного цикла деятельности; V_0 – широта области применения (степень охвата входов); P_0 – полезность деятельности (степень удовлетворенности выходами); A_0 – адекватность реакции на воздействия внешней среды.

Система гибридного интеллекта математически обозначается как кортеж из трех элементов:

$$D = \langle S, L, P \rangle, \quad (1)$$

где: D – система гибридного интеллекта, реализующая некоторую деятельность; S – структура деятельности; L – логика выполнения деятельности; P – интегральные показатели деятельности (C_0, T_0, V_0, P_0, A_0).

Интегральные показатели деятельности P могут быть определены как

элементы векторного функционала от статических характеристик (S и L) и от динамических характеристик (параметров деятельности). В общем случае P определяется по формуле:

$$P=F(S, L, I, O, V, R, K), \quad (2)$$

где: F – функционал (отображение множества функций во множество вещественных чисел или во множество векторов из вещественных чисел); I – вектор входных данных деятельности; O – вектор выходных данных; V – вектор воздействий внешней среды; R – вектор реакции на воздействие внешней среды; K – вектор внутренних параметров. Все перечисленные выше параметры системы гибридного интеллекта I, O, V, R, K изменяются во времени, то есть являются функциями времени. Поэтому добавим в их обозначение переменную t – значение времени. Формула (2) примет вид:

$$P=F(S, L, I(t), O(t), V(t), R(t), K(t)) \quad (3)$$

Система гибридного интеллекта преобразует входные данные в выходные данные:

$$O(t) = Q(I(t), K(t)), \quad (4)$$

где Q – отображение декартова произведения множества входных данных и множества внутренних параметров системы гибридного интеллекта на множество выходных данных, $Q:I \times K \rightarrow O$.

Система гибридного интеллекта реагирует на воздействия внешней среды определенной реакцией:

$$R(t) = Z(V(t), K(t)), \quad (5)$$

где Z – отображение декартова произведения множества воздействий и множества векторов внутренних параметров системы гибридного интеллекта на множество реакций, $Z:V \times K \rightarrow R$.

Система гибридного интеллекта является дискретной динамической системой [6]. Ее динамику можно представить уравнением смены текущих состояний всех ее процессов:

$$x_{k+1} = Y(x_k, u_k) \quad (6)$$

где $k=0,1,2,\dots,N$, $x_k \in X, u_k \in U$.

В формуле (6) используются следующие обозначения: X – множество возможных векторов текущих состояний процессов; x_k – вектор текущих (ак-

тивных) состояний процессов в момент времени k ; U – множество алгоритмов управления, реализуемых событиями всех возможных векторов текущих состояний процессов; U_k – алгоритм управления, реализуемый событиями текущих состояний процессов в момент времени k ; Y – функция перехода процессов из одних текущих состояний в другие.

Функция Y определяет отображение:

$$Y : X \times U \rightarrow X \quad (7)$$

Система гибридного интеллекта является детерминированной, если в любой момент времени k можно по текущему состоянию X_k и управлению U_k однозначно определить ее новое состояние в момент времени $(k + 1)$. На практике детерминированные системы встречаются редко. Обычно нельзя точно определить новое состояние системы, можно только примерно (с некоторой вероятностью) ожидать, что система перейдет в ожидаемое новое состояние. Не полностью определенные объекты можно моделировать с помощью аппарата нечетких множеств [6]. Неточные множества задаются с помощью функций принадлежности.

Динамика недетерминированной системы гибридного интеллекта описывается отображением:

$$Y : X \times U \times X \rightarrow [0,1] \quad (8)$$

Это отображение определяет нечеткое подмножество декартова произведения $X \times U \times X$. В формуле (8) функция переходов процессов из одного текущего состояния в другое Y рассматривается как степень принадлежности элемента X_{k+1} образу пары (X_k, U_k) .

Уровень функциональной структуры. Система гибридного интеллекта состоит из подсистемы управления и функциональных подсистем. Каждая функциональная подсистема может иметь сложную иерархическую структуру (см. рис. 3) и сама состоять из подсистемы управления и нескольких функциональных подсистем, которые в свою очередь состоят из подсистемы управления и нескольких функциональных подсистем и т.д.

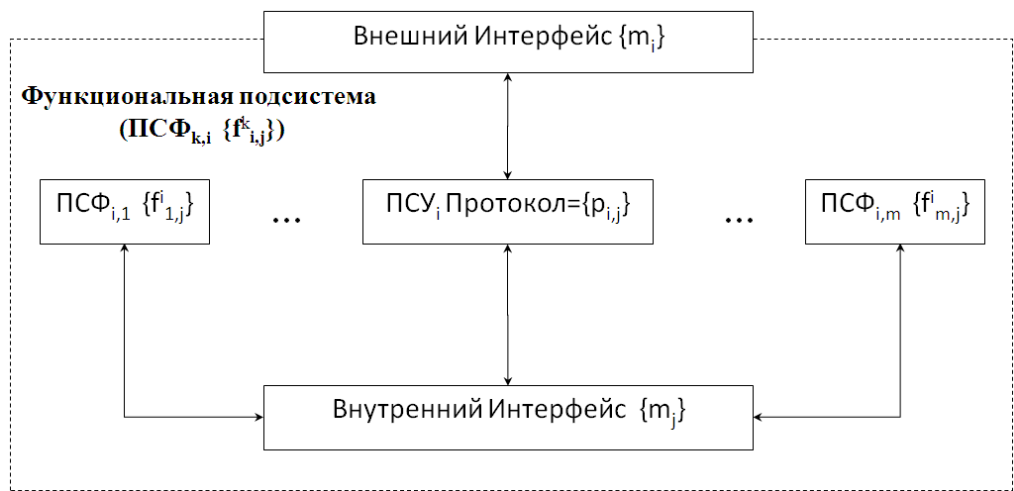


Рисунок 3 – Функциональная подсистема СГИ

Примечание. СГИ – система гибридного интеллекта; ПСФ_{к,і} – функциональная подсистема *i* в ПСФ_{н,к}; ПСУ_і – подсистема управления в ПСФ_{к,і}; p_{і,ј} – процесс *j* в ПСУ_і; m_і – сообщение *i*; f^і_{м,ј} – функциональный модуль *j* в ПСФ_{і,м}.

Подсистема управления реализует протокол взаимодействия функциональных подсистем одного уровня с помощью множества процессов. Процессы обмениваются сообщениями с функциональными подсистемами с помощью внутреннего интерфейса.

Подсистема управления получает от функциональной подсистемы верхнего уровня задания и отправляет ответы через внешний интерфейс. Регламенты этого вертикального взаимодействия функциональных подсистем реализуются процессами подсистем управления смежных по вертикали уровней.

Подсистема управления в системе гибридного интеллекта (функциональной подсистеме) представляет собой совокупность процессов, направленных на решение логически взаимосвязанного круга задач, и человеческих ресурсов и компьютерных программ для поддержания их выполнения.

Математическое описание функциональной структуры системы гибридного интеллекта может быть получено конкретизацией математического описания системы гибридного интеллекта как черного ящика, $D = \langle S, L, P \rangle$.

Структура системы гибридного интеллекта *S* имеет четыре уровня (см.рис. 1):

$$S = \langle S_1, S_2, S_3, S_4 \rangle, \quad (9)$$

где: *S*₁ – библиотеки готовых программ, реализующие исполнительную среду для работы системы; *S*₂ – состояния процессов, аккумулирующих логику работы системы; *S*₃ – совокупность взаимодействующих процессов; *S*₄ – функциональные подсистемы, реализующие стратегию и тактику управления системы гибридного интеллекта.

Обозначим библиотеки готовых программ, реализующие исполнительную среду для работы системы гибридного интеллекта, $S_1 = \{d_i\}$, где: *d*_{*i*} – *i*-я библиотека готовых программ; состояния процессов, аккумулирующих логику

работы системы гибридного интеллекта, $S_2 = \{\tau_{i,j}\}$, где: $\tau_{i,j}$ – состояние i процесса j ; совокупность взаимодействующих процессов, $S_3 = \{P_{n,m}\}$, где: $P_{n,m}$ – процесс m функциональной подсистемы n ; функциональные подсистемы, $S_4 = \{S_i\}$, где: S_i – функциональная подсистема i .

Функциональная подсистема может иметь сложную иерархическую структуру (см. рис. 3) и сама состоять из подсистемы управления и нескольких функциональных подсистем, которые в свою очередь состоят из подсистемы управления и нескольких функциональных подсистем и т.д.

На k -м уровне i -я функциональная подсистема $s_{k,i}$ включает подсистему управления, состоящую из нескольких процессов $\{p_{i,j}\}$, несколько функциональных подсистем $\{s_{j,j}\}$ и несколько функциональных модулей $\{f_{i,j}\}$:

$$S_{k,i} = \langle \{p_{i,j}\}, \{s_{j,j}\}, \{f_{i,j}\} \rangle, \quad (10)$$

где: $p_{i,j}$ – j -ый процесс i -ой функциональной подсистемы; $s_{j,j}$ – j -я функциональная подсистема i -ой функциональной подсистемы; $f_{i,j}$ – j -ый функциональный модуль i -ой функциональной подсистемы.

Функциональная подсистема может быть автоматизированным рабочим местом участника деятельности. В этом случае сам участник деятельности (сотрудник или контрагент) также является частью функциональной подсистемы.

Подсистема управления реализует протокол взаимодействия функциональных подсистем одного уровня с помощью множества процессов. Процессы обмениваются сообщениями с функциональными подсистемами с помощью внутреннего интерфейса.

Подсистема управления получает задания от внешней функциональной подсистемы и отправляет ответы через внешний интерфейс. Регламенты этого вертикального взаимодействия функциональных подсистем реализуются процессами подсистем управления смежных по вертикали уровней.

Таким образом, более детально, на уровне k каждая i -я функциональная подсистема $S_{k,i}$ представляется как кортеж из подсистемы управления (множество процессов $\{p_{i,j_p}\}$), нескольких функциональных подсистем следующего $(k+1)$ -го уровня $\{s_{i,j_s}\}$, внутреннего $\{m_{i,j_1}\}$ и внешнего $\{m_{i,j_2}\}$ интерфейсов, множества функциональных модулей $\{f_{i,j_f}\}$:

$$S_{k,i} = \langle \{p_{i,j_p}\}, \{s_{i,j_s}\}, \{m_{i,j_1}\}, \{m_{i,j_2}\}, \{f_{i,j_f}\} \rangle \quad (11)$$

Внутренний интерфейс $\{m_{i,j_1}\}$ подсистемы $S_{k,i}$ является в тоже время внешним интерфейсом для функциональных подсистем следующего уровня $\{s_{i,j_s}\}$ и т.д.

Логика работы системы гибридного интеллекта – это множество правил (событий) состояний всех процессов системы гибридного интеллекта:

$$L = \{C_{i,j,k} \rightarrow E_{i,j,k}\}, \quad (12)$$

где: $C_{i,j,k}$ – условие, а $E_{i,j,k}$ – действие события i состояния j процесса k .

Во множестве событий (12) можно выделить N подмножеств событий ($n=1, 2, 3 \dots, N$), составляющих группы процессов или подсистемы. То есть подсистема с номером n – это подмножество событий:

$$s_n = \{C_{i,j,k_n} \rightarrow E_{i,j,k_n}\} \quad (13)$$

В подсистемах выделяем процессы, в процессах – состояния. В итоге можно записать следующие соотношения:

$$L = \bigcup_{n=1}^N s_n, s_n = \bigcup_{m=1}^{M_n} p_{m,n}, p_{m,n} = \bigcup_{k=1}^{L_{m,n}} \tau_{k,m,n}, \tau_{k,m,n} = \{C_{i,k,m_n} \rightarrow E_{i,k,m_n}\}, \quad (14)$$

где $\tau_{k,m,n}$ – состояние k процесса m подсистемы n ; $p_{m,n}$ – процесс m подсистемы n ; s_n – подсистема n .

В каждый момент времени активным (то есть работающим) состоянием в каждом процессе является только одно состояние этого процесса. Эти состояния называются текущими состояниями процессов.

Обозначим P – общее число событий в системе, P_t – суммарное число событий в текущих (активных) состояниях всех процессов системы в момент времени t . Тогда, приняв в среднем число событий в каждом состоянии равным n , число состояний в каждом процессе – в среднем L , число процессов в каждой подсистеме – в среднем M , число подсистем в системе – в среднем N , получим:

$$\frac{P}{P_t} \approx \frac{N \cdot M \cdot L \cdot n}{N \cdot M \cdot n} = L \quad (15)$$

Осреднение числа событий в каждом состоянии n , числа состояний в каждом процессе L , числа процессов в каждой подсистеме M , числа подсистем в системе N может быть проведено разными способами: 1) экспериментально путем построения оценок вероятностных распределений этих величин по множеству однотипных или разнотипных систем с последующим осреднением по построенным распределениям; 2) осреднением по вероятностным распределениям этих величин в рассматриваемой системе за некоторый большой период времени; 3) вычислением среднеарифметических значений величин в рассматриваемой системе. В зависимости от цели исследования системы исполнения процессов

можно использовать один из этих способов или их комбинацию. Для грубой оценки по формуле (15), не учитывающей специфику рассматриваемой системы или класса систем, можно использовать наиболее простой третий способ – расчет среднеарифметических значений.

Такое структурирование логики работы СНТС позволило не только сократить объемы вычислений при управлении и моделировании, но и, самое главное, упростило проектирование и облегчило понимание работы СНТС. Из формулы (15) следует, что с увеличением среднего числа состояний в процессах объем вычислений при управлении и моделировании примерно линейно сокращается.

Введем понятия преобразования и реорганизации системы гибридного интеллекта. Система D_1 может быть преобразована в систему D_2 путем изменения S и L . При этом интегральные показатели ее работы P в общем случае также изменятся. Если изменения S и L выполняются не произвольно, а по установленным правилам, то будем называть такое преобразование системы гибридного интеллекта – реорганизацией. Правила реорганизации могут охватывать ограничения или установки на изменение структуры S , на изменение логики работы L , а также на изменение интегральных показателей (параметров) работы P .

Обозначим ограничения и установки на изменение структуры системы гибридного интеллекта как S^0 , ограничения и установки на изменение логики ее работы как L^0 , а ограничения и установки на изменение интегральных показателей работы системы как P^0 . Тогда преобразование системы гибридного интеллекта D_1 в систему гибридного интеллекта D_2 можно записать как:

$$D_2=T(D_1), \quad (16)$$

а реорганизацию системы гибридного интеллекта D_1 в систему гибридного интеллекта D_2 – как преобразование системы D_1 в систему D_2 при заданных ограничениях:

$$D_2=T(D_1, S^0, L^0, P^0). \quad (17)$$

В формуле (17) ограничения и установки могут представлять собой задание не

скольких возможных вариантов на изменение: 1) структуры системы гибридного интеллекта S^0 (структуры системы, каждой из ее функциональных подсистем, каждого процесса, каждого функционального модуля); 2) логики работы системы L^0 (каждого состояния для всех возможных вариантов структуры, определяемых ограничениями S^0); 3) интегральных показателей работы P^0 (формул для расчета каждого параметра, ограничений на значения или на тенденцию и темпы изменения во времени каждого параметра для всех возможных вариантов структуры и логики работы системы гибридного интеллекта, определяемых ограничениями S^0 и L^0).

Варьируя ограничения на статические характеристики (S^0 и L^0) и на динамические характеристики ($I(t)$, $O(t)$, $V(t)$, $R(t)$, $K(t)$ – см. формулу (3)), можно

строить системы гибридного интеллекта, удовлетворяющие определенным требованиям. Требования к разрабатываемой системе гибридного интеллекта задаются ограничениями и установками на изменение интегральных показателей ее работы P^o .

Уровень алгоритмов. Алгоритмическое представление системы гибридного интеллекта включает:

- 1) алгоритм работы системы исполнения процессов;
- 2) алгоритм взаимодействия (интерфейса) с человеком в функциональных подсистемах, в состав которых входят носители естественного человеческого интеллекта (например, сотрудники и контрагенты организации);
- 3) алгоритм включения (интеграции) функциональных модулей в функциональные подсистемы;
- 4) алгоритмы функциональных модулей, реализующих нейронные сети, скоринговые модели, нечеткие множества и др. функции;
- 5) алгоритмы проектирования и использования конечных автоматов для состояний процессов;
- 6) алгоритмы проектирования и использования конечных автоматов для процессов.

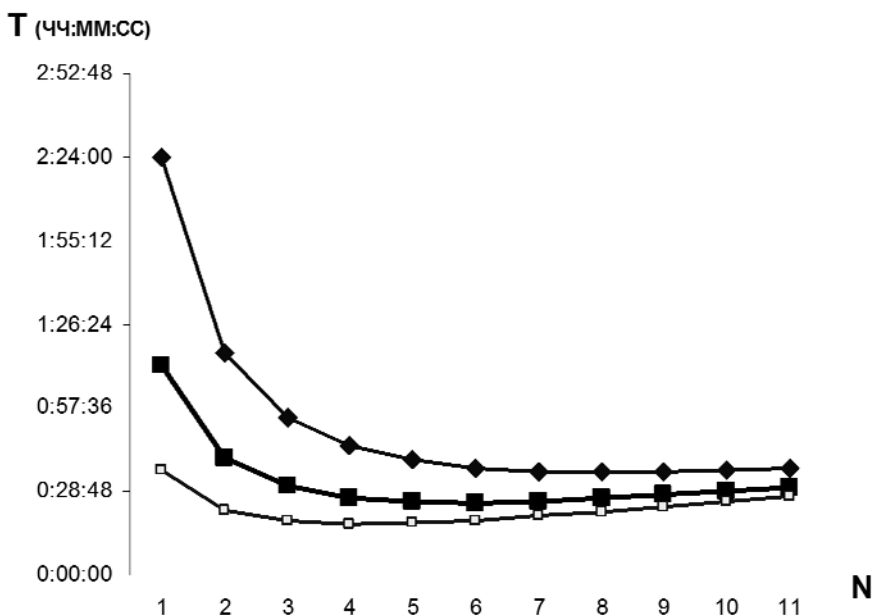


Рисунок 4 – Графики зависимости времени моделирования от числа компьютеров

Дадим краткое описание этих алгоритмов.

Алгоритм работы системы исполнения процессов состоит из: алгоритмов распределения процессов по компьютерам, алгоритмов планирования и исполнения событий.

В исследовательских системах гибридного интеллекта при моделировании сложных объектов, процессов и явлений объемы вычислений становятся не под силу даже современным мощным компьютерам. Здесь существует два пути:

либо использовать сверхмощные суперкомпьютеры, либо разделить решение на независимые параллельно выполняемые подзадачи и запустить их на исполнение на нескольких компьютерах локальной или глобальной сети интернет. Использование сверхмощных суперкомпьютеров требует больших экономических затрат и не всегда возможно по организационным причинам. Системы гибридного интеллекта, рассматриваемого нами класса, по своему устройству автоматически позволяют исполнять процессы на разных компьютерах.

Экспериментальная проверка ускорения процесса моделирования при выполнении модели в сети показала, что для моделей с большими объемами вычислений время моделирования может сокращаться в несколько раз. На рисунке 4 изображены три графика зависимости времени моделирования от числа компьютеров: верхний график соответствует модели в четыре раза большей по объему вычислений по сравнению с моделью для нижнего графика, а средний соответствует модели вдвое большей по объему вычислений по сравнению с моделью для нижнего графика. Анализ графиков показывает, что с ростом объема вычислений в модели ускорение моделирования при оптимальном выборе числа компьютеров возрастает и может быть экономически обоснованным.

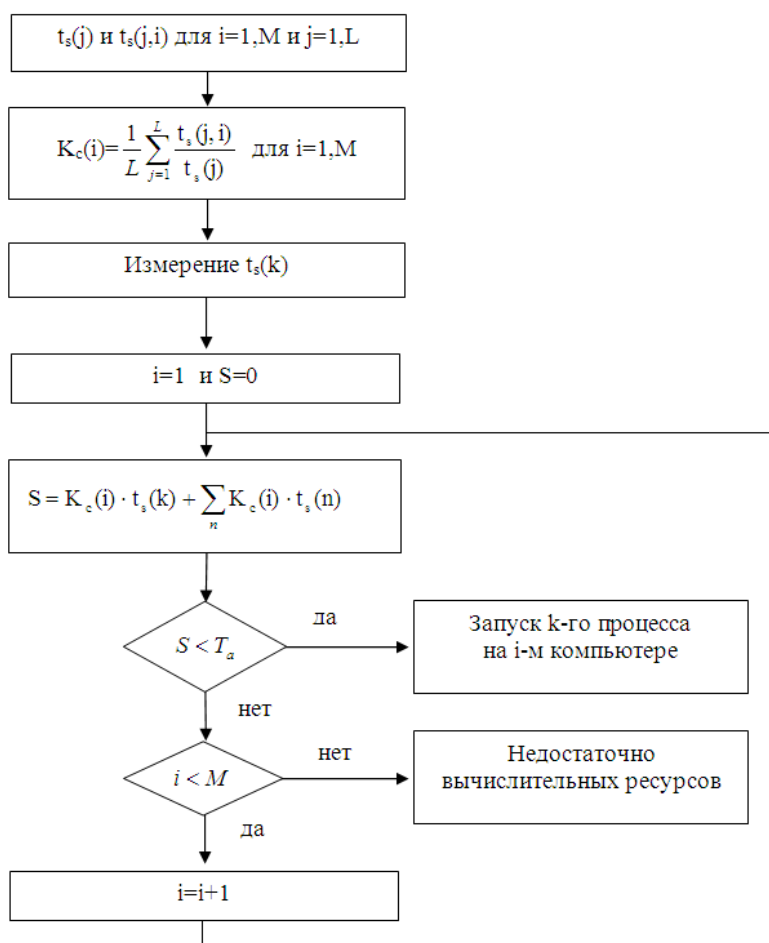


Рисунок 5 – Алгоритм распределения процессов по компьютерам сети

Примечание. $t_s(j)$ - максимальное время выполнения состояния j -го процесса на эталонном компьютере; $t_s(j,i)$ - максимальное время выполнения состояния j -го процесса на i -м компьютере; T_a - период активации состояния.

Распределение процессов по компьютерам сети может выполняться «вручную» с помощью автоматизированного рабочего места администратора процессов. Также была разработана подсистема, которая распределяет процессы по компьютерам сети автоматически. Один из алгоритмов, реализуемых этой подсистемой, схематично изображен на рисунке 5.

Алгоритмы планирования и исполнения событий в состояниях процессов подсистем управления разработаны нами для различных платформ: 1) для автономного (без сети) компьютера с операционной системой Microsoft Windows; 2) для локальной вычислительной сети из нескольких компьютеров с операционной системой Microsoft Windows; 3) для глобальной вычислительной сети интернет из нескольких компьютеров с операционной системой Microsoft Windows.

Эти алгоритмы довольно сложные и полное их описание приведено лишь в технической документации инструментального программного комплекса для создания систем гибридного интеллекта.

Алгоритм интеграции функциональных модулей в функциональных подсистемах содержит: алгоритм анализа описания функционального модуля; алгоритм включения (интеграции) нового функционального модуля в функциональную подсистему; алгоритм замены старой версии функционального модуля на новую версию; алгоритм запуска функционального модуля на исполнение; алгоритм обработки ошибок, возникающих при выполнении функциональных модулей.

Алгоритм взаимодействия (интерфейса) с человеком в функциональных подсистемах, в состав которых входят носители естественного человеческого интеллекта (например, сотрудники и контрагенты организации), разработан в части получения заданий от процессов и представления их в удобной форме для человека и в части предложения шаблонов (заготовок) для облегчения создания человеком ответов процессам.

Алгоритмы функциональных модулей, реализующих нейронные сети, включают: алгоритмы обучения нейронной сети с учителем; алгоритмы обучения нейронной сети без учителя; алгоритмы применения обученной нейронной сети в составе функциональных подсистем.

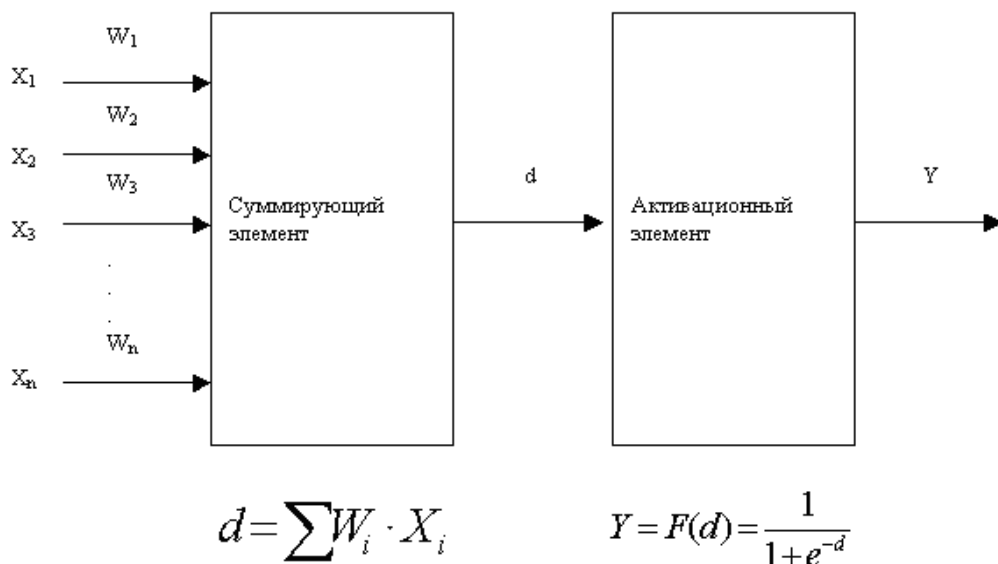


Рисунок 6 – Искусственный нейрон

В этих алгоритмах мы рассматриваем нейронные сети, состоящие из нескольких искусственных нейронов (рис. 6), объединенных в несколько слоев. Связи между нейронами установлены только между нейронами соседних слоев.

Алгоритмы функциональных модулей, реализующих скоринговые модели, содержат: алгоритмы задания и настройки скоринговых моделей по историческим выборкам; алгоритм проверки настроенной скоринговой модели по тестовой выборке; алгоритм применения протестированной скоринговой модели в составе функциональных подсистем.

Алгоритмы функциональных модулей, реализующих нечеткие множества, содержат: алгоритмы задания и настройки нечетких множеств; алгоритм проверки настроенного нечеткого множества по тестовой выборке; алгоритм применения протестированного нечеткого множества в составе функциональных подсистем.

Алгоритмы проектирования и использования конечных автоматов для состояний процессов и процессов подробно описаны в [4].

Уровень программной реализации. Программная реализация системы гибридного интеллекта состоит из двух основных частей [3]:

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; графические интерактивные средства

для облегчения навигации по описаниям бизнес процессов организации при их проектировании.

Программы для исполнения процессов (исполнительная система процессов) 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, проследить ход выполнения, 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.

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. Программы взаимодействия (интерфейса) с человеком реализуют, так называемый, пользовательский интерфейс с участниками деятельности (сотрудниками и контрагентами организации).

Разработанное специальное программное обеспечение для проектирования и использования конечных автоматов состояний процессов и процессов подробно описано в [4].

Области применения систем гибридного интеллекта.

С помощью разработанных нами методов и средств гибридного интеллекта можно решать различные научно-технические задачи:

1. Управление научной организацией.
2. Управление робототехническими системами.
3. Управление ресурсами и научно-техническими проектами.
4. Определение параметров изучаемого объекта.
5. Управление технологическими процессами.
6. Организация и проведение научных экспериментов.
7. Описание явления.
8. Научное консультирование.
9. Принятие решений в научно-технических проектах.
10. Совершенствование научной и инженерной деятельности и др.

Рассмотрим некоторые из них.

Управление научной организацией сложная и многогранная деятельность. Представление этой деятельности в виде системы гибридного интеллекта позволяет перейти на процессный принцип управления организацией и использовать моделирование на компьютере для повышения эффективности работы организации, наладить на регулярной основе самосовершенствование организации, обеспечить непрерывность и устойчивость ее работы.

При разработке СНТС важнейшим является получение связного, системного представления об основных процессах их работы. Решение данной пробле-

мы возможно на основе теории систем гибридного интеллекта, благодаря как специфическим особенностям работы с информацией в системе гибридного интеллекта, так и системообразующей роли информационных и телекоммуникационных технологий.

Накопление и систематизацию знаний можно отнести к одной из самых важных характеристик систем гибридного интеллекта, поскольку система гибридного интеллекта концентрирует в себе обобщенный опыт решения базовых проблем рассматриваемой предметной области, и, что особенно важно, это опыт самих сотрудников. Это способствует созданию целостной модели информационно-функционального управленческого пространства для коллективного решения задач и достижения целей. Благодаря гибкости систем гибридного интеллекта и возможности их расширения, использование такого опыта ведет к решениям творческим, точным и эффективным.

Совершенствование процессов работы СНТС основывается в системе гибридного интеллекта на непрерывном мониторинге основных показателей их работы: надежность, производительность и др.

Представление научно-технических систем как систем гибридного интеллекта позволяет проводить совершенствование их работы на основе моделей. Имитационная модель является в нашем подходе основной системы процессного управления СНТС. В ней мы выделяем три уровня: уровень показателей эффективности, уровень процессов и уровень инфраструктуры.

На уровне показателей эффективности рассматриваются такие интегральные характеристики, как: надежность, производительность.

Эффективность применения модели во многом будет определяться тем, каким образом заданы алгоритмы расчета данных показателей, степень и характер их зависимости от элементов уровня процессов. Уровень процессов – это более низкий уровень абстракции. Примерами процессов могут быть подача электроэнергии к двигателям, проектирование изделия, производство, управление логистикой и другие. Адекватность модели существенно зависит от корректности определения вертикальных связей между элементами уровня инфраструктуры и соответствующими процессами.

На уровне инфраструктуры рассматриваются такие элементы как: промышленное оборудование, компьютеры, офисное оборудование, оборудование локальных вычислительных сетей, средства подключения к глобальной сети интернет, операционные системы и др. Эти элементы инфраструктуры используются для выполнения СНТС своих основных функций и построения взаимосвязей между ними. Учет взаимного влияния элементов, а также внешних факторов, определяющих способность инфраструктуры выполнять свои функциональные задачи, базируется на опыте эксплуатации и на статистических данных.

Обеспечение устойчивости и непрерывности работы СНТС в соответствии с теорией систем гибридного интеллекта решается теми же средствами, что и исполнение процессов. Это экономит ресурсы и средства, а, главное, обеспечивает более точное моделирование и прогнозирование.

Модель управления СНТС полностью представлена в компьютере и может анализироваться и совершенствоваться как компьютерными программами, так и специалистами. В то же время эта модель может исполняться компьютерными программами и исполнительными механизмами (приборами) и/или со-

трудниками, реализуя работу СНТС. По мере накопления опыта работы сотрудники организации и программы исполнительных систем процессов могут изменять и совершенствовать процессы и объекты, что немедленно отражается в модели работы СНТС.

Консультанты и аналитики тоже непрерывно анализируют модель и работают над ее совершенствованием. Все улучшения модели также немедленно поступают в практику управления работой СНТС. Таким образом, представление систем управления СНТС в виде системы гибридного интеллекта способствует повышению эффективности работы СНТС.

Наиболее привлекательной задачей является самосовершенствование научно-технической деятельности. Для организации самосовершенствования деятельности необходимо найти ключевые параметры, которые обеспечат отслеживание состояния деятельности, и управляющие воздействия, которые позволят осуществить изменение деятельности в нужном направлении. После того как такие параметры и управляющие воздействия будут найдены, необходимо создать подсистему самосовершенствования деятельности. В нее войдут следующие процессы:

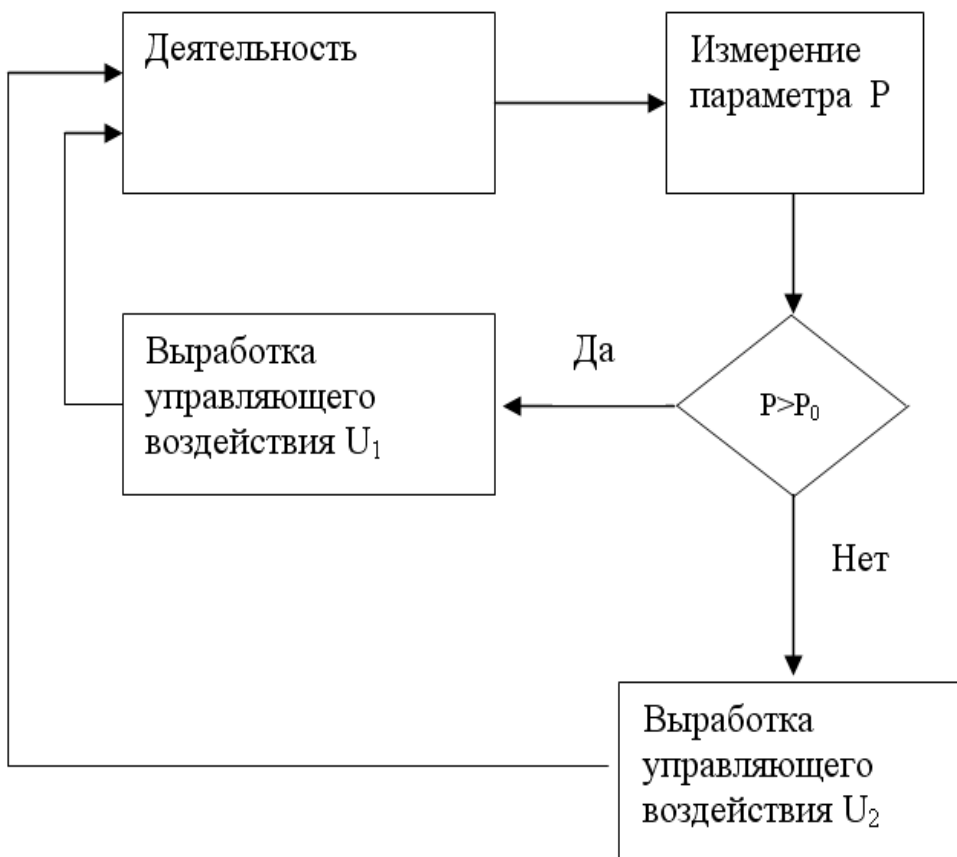


Рисунок 7 – Схема самосовершенствования деятельности

1. Процессы измерения важных параметров деятельности.

-
2. Процесс принятия решения.
 3. Процесс выработки и применения управляющих воздействий.
- Схематично работа такой подсистемы показана на рисунке 7.

Организация самосовершенствования деятельности – сложная творческая задача. На пути ее решения нет готовых рецептов.

Первая проблема в организации самосовершенствование деятельности заключается в том, чтобы создать механизм и технологию своевременного получения правильного представления о состоянии деятельности. Вторая не менее важная проблема – это создание механизма и технологии изменения деятельности в нужном направлении.

Представление самосовершенствования научно-технической деятельности как системы гибридного интеллекта позволяет формализовать эту непростую задачу и в случае удачи наладить тиражирование ее решения.

Проектирование систем гибридного интеллекта.

Проектирование системы гибридного интеллекта выполняется в несколько этапов [3].

1. Разработка концептуальной модели предметной области.
2. Выявление и описание прецедентов участия в деятельности.
3. Структурирование управления СНТС на деловые процессы.
4. Проектирование функциональных подсистем.
5. Создание диаграмм взаимодействия (протоколов и интерфейсов) функциональных подсистем и процессов.

В СНТС в соответствии с нашей методологией выделяют структуру ее основных частей, проводимые в ней работы (проекты) и имеющиеся в ней процессы и объекты (актеры и документы). Затем осуществляется проектирование и документирование всех процессов и объектов. Кроме этого необходимо выделить правила, в соответствии с которыми происходит смена состояний процессов и статусов объектов. Эти правила вместе с описаниями процессов и объектов составят базу знаний о работе создаваемой СНТС.

В результате проектирования будет получена хорошо описанная и документированная модель работы СНТС в виде системы гибридного интеллекта. Эта модель представлена следующими документами: описание системы и ее функциональных подсистем; описания процессов; описания актеров и документов; правила в форме продукций или событий; описания реализации актеров и документов в виде программных объектов.

Регламенты выполнения процессов мы представляем в форме продукций или событий, понятных как сотрудникам, так и исполнительной системе процессов. Однако этих правил так много, что понять работу системы управления на практике оказывается очень и очень трудно, а иногда и невозможно. Чтобы облегчить понимание работы СНТС, необходимо было их каким-то образом структурировать, что и было сделано, см. формулу (14). Также для представления состояний процессов и процессов используются конечные автоматы [4].

Создание системы гибридного интеллекта длительный и сложный проект. Для сокращения сроков и снижения трудоемкости таких проектов был разработан специальный инструментальный программный комплекс [3].

Инструментальный программный комплекс.

Поскольку проектирование и реорганизации некоторой деятельности – это тоже деятельность, то логично и для нее разработать систему гибридного интеллекта. Такая система была создана и получила название инструментальный программный комплекс (ИПК). ИПК реализует интегрированный подход к созданию систем управления СНТС как систем гибридного интеллекта. Он обеспечивает автоматизацию всех основных этапов проектирования системы и разработку моделей специалистами предметной области (менеджерами, бизнес аналитиками и др.), а не программистами.

ИПК состоит из следующих подсистем [3]:

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

На рисунке 8 схематично изображено взаимодействие подсистем комплекса.

При создании систем гибридного интеллекта используются методы и средства теории конечных автоматов. Для этого были разработано и включено в состав ИПК специальное программное обеспечение [4].

ИПК позволяет организовать полный цикл создания системы управления СНТС от проектирования до внедрения. Внедрение системы управления СНТС основывается на самообучении сотрудников при освоении системы и при работе в ее составе сначала под руководством консультантов, а потом и самостоятельно. Самообучение сотрудников осуществляется с помощью части базы знаний ИПК, которая в качестве одной из функциональных подсистем устанавливается в организации при внедрении системы управления СНТС.

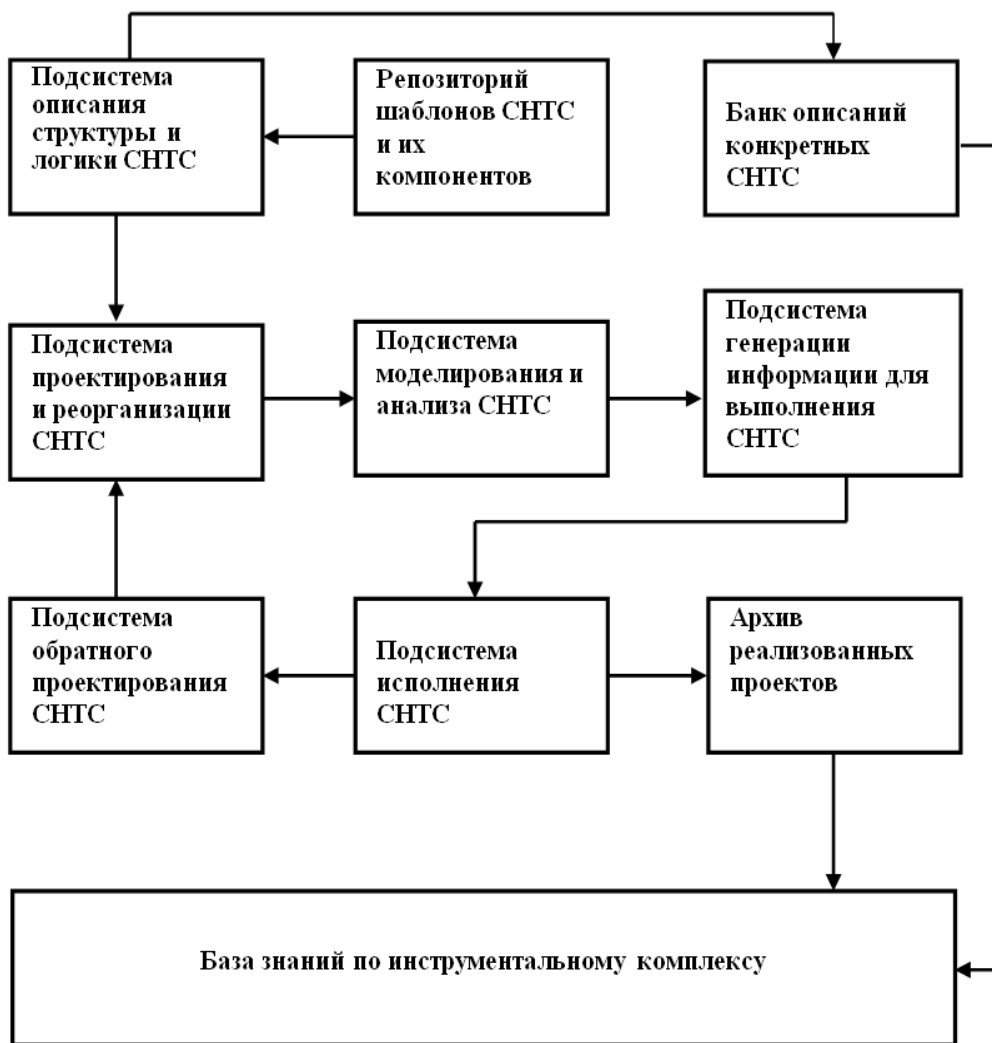


Рисунок 8 – Схема взаимодействия подсистем ИПК

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 СНТС.

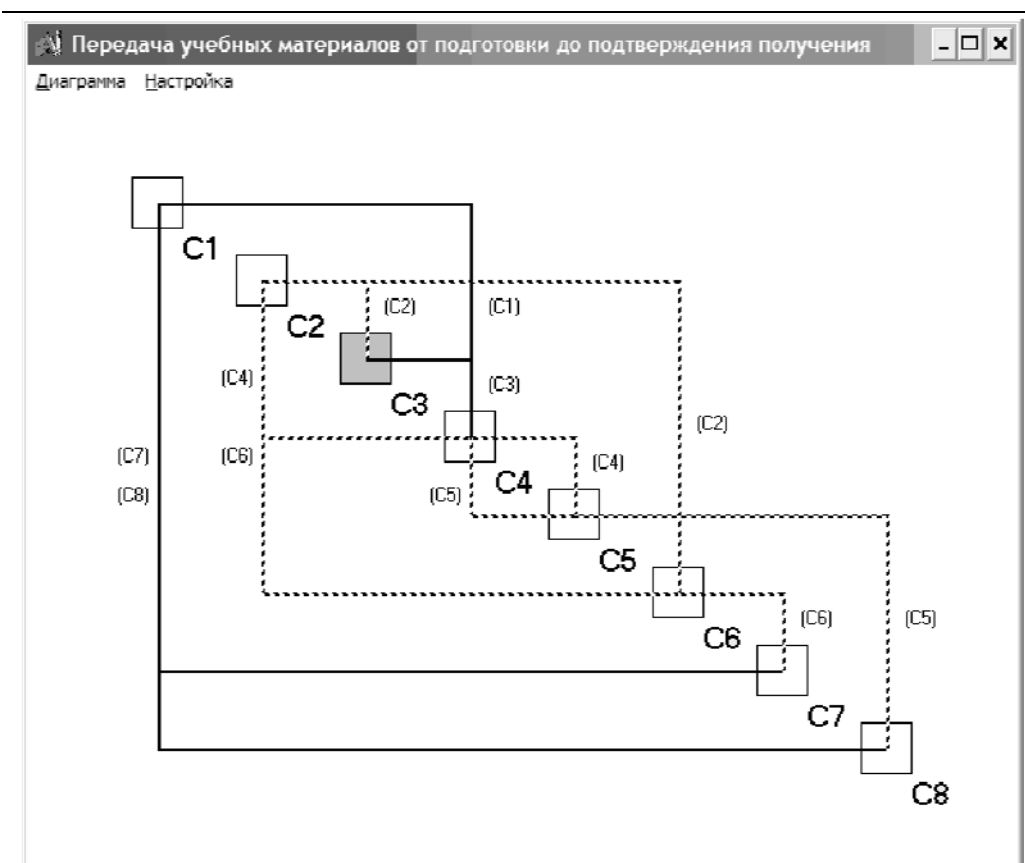


Рисунок 9 – Граф процесса

Примечание. C1, C2, ..., C8 – состояния процесса.

Функциональная подсистема интегрируется в структуру системы управления СНТС, 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.

Таблица 1 – Корреляционные зависимости между степенью начальной подготовки работников и предпочтениями в использовании различных средств описания системы управления СНТС (СУ)

Уровень подготовки	Вид документации						
	ЭС	ПД	ДМ	МР	СС	ДР	ПК
Низкий	0,97	0,77	0,06	0,95	0,98	-0,01	0,83
Средний	0,56	0,96	0,25	0,94	-0,25	0,45	0,99
Высокий	-0,66	0,84	0,99	0,13	-0,76	0,78	0,95

Примечание. ЭС – встроенные электронные справочники по компонентам СУ, ПД – полные иллюстрированные тексты документации по СУ и по ее компонентам, ДМ – дополнительные материалы по СУ и по предметной области, МР – методические реко-

мендации по работе в СУ, СС – системы для самопроверки правильности понимания устройства СУ и умения работать в процессах, ДР – демонстрационные ролики по СУ и ее компонентам, ПК – помощь консультанта.

Для облегчения навигации по описанию проектируемой системы используются интерактивные графические средства. Процесс представляется графически в виде ориентированного графа (рис. 9). 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 (рис. 10).

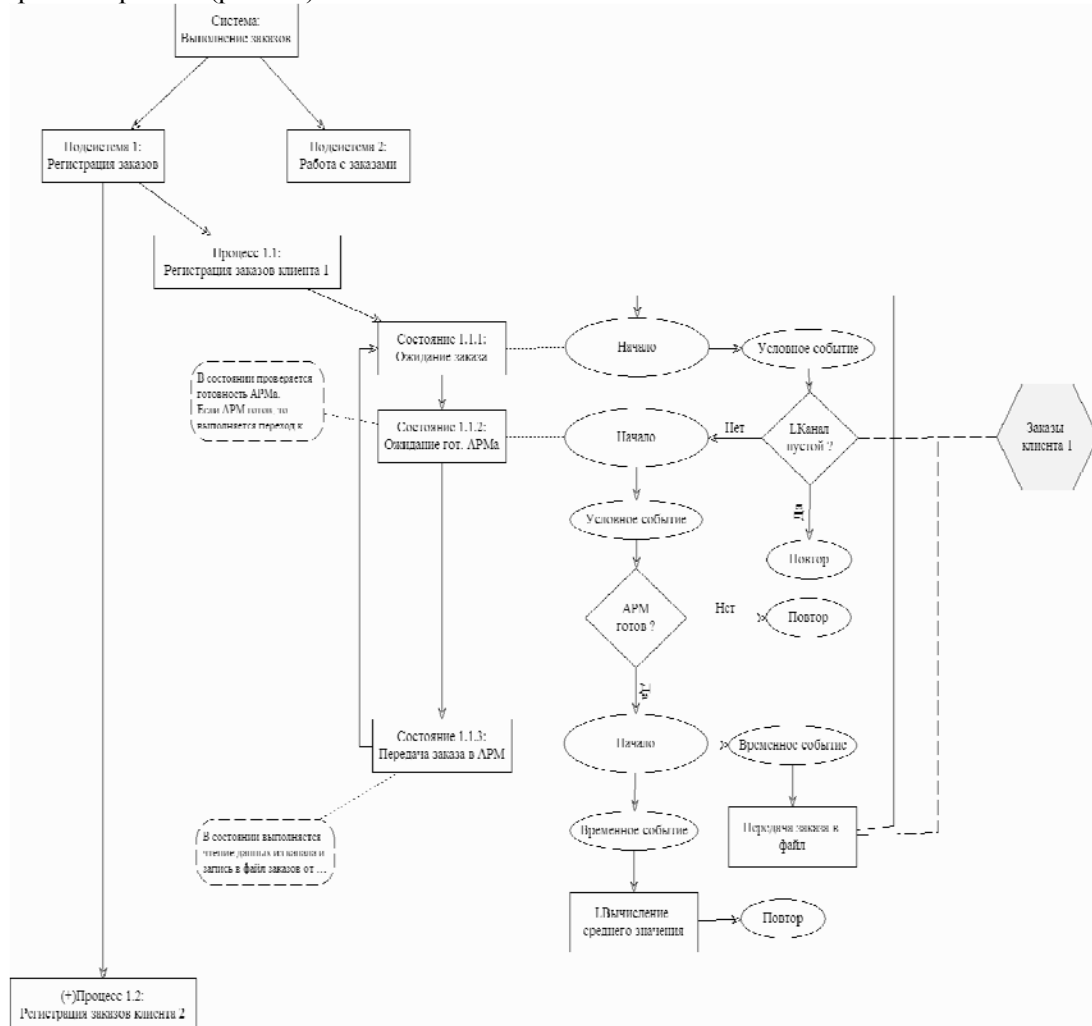


Рисунок 10 – Интерактивная графическая диаграмма проекта

Технология создания систем гибридного интеллекта.

Успешность работы сотрудников в составе СНТС во многом определяется тем, насколько принцип представления материалов в базе знаний комплекса соответствует личностным особенностям работников. В ходе исследования был проведен корреляционный анализ взаимосвязей между степенью начальной подготовки работников и предпочтениями в использовании различных видов документации по системам управления СНТС в сочетании с индивидуальными встречами и обсуждениями с консультантами по созданию и внедрению систем управления СНТС.

На основе объективного оценивания особенностей использования различными работниками электронных ресурсов был определен оптимальный состав документации типовых вариантов систем управления СНТС.

Технология создания систем управления СНТС как систем гибридного интеллекта основана на разработке и применение типовых решений [3]. Словом «типовой» мы обозначаем компонент, созданный на основе обобщения нескольких схожих компонентов и предназначенный для многократного использования в различных конкретных системах. Типовые компоненты снабжаются развитыми средствами декларативной и процедурной настройки.

Эффективность применения информационных и телекоммуникационных технологий достигается тогда, когда соответствующие средства обоснованно и гармонично интегрируются в деловые процессы организации, обогащая ее ключевые технологии, облегчая решение задач управления, а опыт, знания, традиции, накопленные в организации, используются на новом более высоком организационно-техническом уровне. Поэтому процесс системной интеграции информационных и телекоммуникационных технологий должен охватывать все структуры СНТС (административные, научные и др.) и включать: 1) адаптацию структур СНТС и существующих в ней технологий к возможностям внедряемых информационных и телекоммуникационных технологий; 2) адаптацию информационных и телекоммуникационных технологий к требованиям, предъявляемым структурами и технологиями СНТС; 3) создание взаимно совместимых новых структур, приобретение и внедрение в СНТС соответствующих им информационных и телекоммуникационных технологий.

Для обеспечения естественного формирования и развития системы управления СНТС разработана концептуальная модель включения информационных и телекоммуникационных технологий в систему гибридного интеллекта при непосредственном участии сотрудников и консультантов по разработке и внедрению. В этой концептуальной каскадно-итерационной модели процесса интеграции выделены следующие основные стадии:

1) инициирование – предварительная оценка ситуации, изучение проблемы применения информационных и телекоммуникационных технологий и возможностей ее решения;

2) анализ и оценка – определение целей, анализ имеющихся исходных данных, оценка состояния используемых информационных и телекоммуникационных технологий, определение направлений внедрения (конкретных подразделений организации, отделов, лабораторий);

3) выбор информационных и телекоммуникационных технологий – поиск или создание множества возможных решений проблемы, оценка решений в соот-

ветствии с целями организации, выбор информационных и телекоммуникационных технологий и способов их использования;

4) проектирование интеграции – планирование новых деловых процессов и изменения существующих процессов, обеспечение ресурсами, предварительное тестирование средств информационных и телекоммуникационных технологий;

5) реализация проекта – создание и отладка новых деловых процессов и изменение существующих процессов, подготовка необходимой документации, установка и настройка оборудования и программного обеспечения, обучение сотрудников;

6) мониторинг и адаптация – непрерывный контроль и оценка основных показателей работы СНТС, адаптация информационных и телекоммуникационных технологий по результатам оценки;

7) оценка результатов – итоговые формализованная и неформальная оценки результатов включения информационных и телекоммуникационных технологий в систему гибридного интеллекта.

Рассмотренный процесс интеграции не предполагается линейным. На практике описанная последовательность действий берется за основу и реально реализуемая схема может оказаться более сложной. На многих стадиях и этапах процесса, возможно, потребуется пересмотреть предыдущие решения. Такая итерационность – это позитивное свойство модели, обеспечивающее снижение рисков процесса интеграции информационных и телекоммуникационных технологий в систему управления СНТС и отражающее его рекурсивную природу.

Апробация методов и средств гибридного интеллекта.

Были разработаны следующие типовые компоненты и системы [3, 4]:

1. Библиотека типовых компонентов для реализации на практике применения математических методов для совершенствования деловых процессов организации.
2. Типовая подсистема электронного документооборота.
3. Типовая подсистема организации совместной работы над проектом.
4. Типовая подсистема консультирования.
5. Типовой инструментальный комплекс для управления инвестиционными проектами.
6. Типовая система управления формированием CRM-стратегии организации.
7. Типовая система управления дистанционным учебным процессом.
8. Типовая система управления научными исследованиями и экспериментами.
9. Типовая система управления виртуальной организацией по оказанию различных видов услуг.
10. Типовая система моделирования сложных объектов, процессов и явлений.

На основе этих типовых решений были созданы и внедрены:

1. Системы автоматизированного консультирования по проектированию сложных систем и по программированию на современных языках.
2. Системы для дополнительного образования в области проектирования и исследования сложных систем.

-
3. Компьютерные модели сложных объектов, процессов и явлений для обучения студентов в вузе.
 4. Системы управления экологическими объектами.
 5. Комплексы для исследования сложных систем.
 6. Подсистемы совершенствования деловых процессов.
 7. Комплексные системы защиты информации для виртуальных организаций.

Эти практические шаги экспериментально подтвердили действенность разработанных методов и средств гибридного интеллекта для управления сложными научно-техническими системами.

Опытно-экспериментальная работа также проводилась в вузах [5]. Новый подход к организации обучения в комбинированной форме, сочетающей элементы дистанционного обучения с традиционными формами, был реализован в процессе чтения курсов: «Системы искусственного интеллекта», «Разработка и стандартизация программных средств и информационных технологий», «Информационные технологии и системы в экономике», «Информационные сети и телекоммуникации», «Проектирование информационных систем», «Реинжиниринг бизнес-процессов», «Комплексные системы защиты информации на предприятиях», «Математические 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 СНТС 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 СНТС как систем гибридного интеллекта 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, что обязательным условием успешности такого обучения является обеспечение постоянного доступа студентов ко всем ресурсам учебного варианта ИПК для создания систем управления СНТС [5].

Заключение.

Представление систем управления сложными научно-техническими системами в виде системы гибридного интеллекта способствует их совершенствованию. Система гибридного интеллекта обеспечивает мониторинг показателей СНТС, постановку и проведение имитационных экспериментов. Важным моментом является также способность систем гибридного интеллекта аккумулировать и легко тиражировать схемы или регламенты выполнения эффективных (успешных) СНТС.

Информацию о теории систем гибридного интеллекта и ее применении для управления сложными научно-техническими системами можно найти на сайтах:

ассоциации независимых консультантов в области наукоемких техноло-

гий «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. 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.: Стандартиформ. – 2013. – 25 с.
2. Венда, В. Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика [Текст] / В. Ф. Венда // М.: Машиностроение. – 1990. – 448 с.
3. Бухаров, М. Н. Управление экономическими системами на основе гибридного интеллекта [Текст] М. Н. Бухаров // Вопросы региональной экономики. – № 01(22), 2015. С. 119-140.
4. Бухаров, М. Н. Использование теории конечных автоматов для управления сложными системами [Текст] М. Н. Бухаров // Информационно-технологический вестник. – 01(03). – 2015. –С. 31-48.
5. Бухаров, М. Н. Использование моделирования сложных систем в обучении студентов вуза [Текст] М. Н. Бухаров // Информационно-технологический вестник. – № 02(02). – 2014. –С. 28-34.
6. Рыжов, А. П. Элементы нечетких множеств и измерения нечеткости [Текст] А. П. Рыжов // М: Диалог-МГУ. – 1998. – 245 с.

Моделирование работы робота-официанта

М.Н. Бухаров, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник,

Д.Р. Мавлютов, студент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

В работе проведен анализ востребованности роботов-официантов в ресторанном бизнесе и построена компьютерная модель работы робота-официанта. Сделан вывод о том, что использование роботов в ресторанном бизнесе позволяет уменьшить количество работников и способствует привлечению большего числа клиентов.

Робототехника, робот-официант, компьютерная модель.

Modeling of Operation of the Robot Waiter

M.N. Bukharov, Ph.D., Associate Professor, senior researcher,

D.R. Mavlyutov, student,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

In work the analysis of a demand of robots waiters in restaurant business is carried out and the computer model of operation of the robot waiter is constructed. The conclusion that use of robots in restaurant business allows to reduce number of workers is drawn and promotes attraction of bigger number of clients.

Robotics, robot waiter, computer model.

Введение.

Сегодня развитие робототехники идет бурными темпами: роботы заменяют человека во многих повседневных делах. В Китае имеется много ресторанов, в котором вместо официантов посетителей обслуживают роботы [1]. В них работают более десятка механических официантов (см. рис.1). Готовят блюда в этом ресторане тоже роботы.

В работе проведен анализ востребованности роботов-официантов в ресторанном бизнесе и построена компьютерная модель работы робота-официанта.

Преимущества и недостатки использования роботов.

Робота, который смог бы без труда преодолевать лестницы или высокие пороги в помещении, открывать двери, сделать очень трудно. Затраты на разработку и изготовление человекоподобного робота значительно превосходят прибыль от их использования.



Рисунок 1 – Фотография робота-официанта

Первый робот-официант был сделан в Калифорнии еще в 1983 году. Он привлекал множество посетителей и был достопримечательностью всей округи, но слишком часто ронял столовые приборы и ломался сам. В то время первые роботы-официанты не могли обходить препятствия – если на их пути попадался отодвинутый стол или стул, они просто останавливались. Потом мода на роботов постепенно прошла и их прекратили использовать.

Стоимость одного робота-официанта составляет примерно 350 тыс. руб. Средний размер зарплаты официанта в Москве составляет примерно 30 тыс. руб./мес. Следовательно затраты на создание одного робота окупятся примерно через год его использования.



а)



б)

Рисунок 2 – Роботы-официанты за работой

Роботы-официанты привлекают клиентов своей оригинальностью и диковинным видом. Робот всегда вежливым тоном говорит комплименты клиентам и никогда не хамит.



Рисунок 3 – Роботы развозят заказы на велосипедах

Робот-повар может следить одновременно за очень большим количеством блюд и знать огромное количество рецептов приготовления разнообразной пищи и назначение всех ингредиентов.

Где и в каких ресторанах используются роботы.

Один из самых популярных ресторанов с роботами открылся в Китае, в городе Хэфэй, провинция Аньхой [1]. Роботов в этом ресторане около тридцати. Они приветствуют гостей, готовят еду и разносят ее (рис. 2 (а) и 2 (б)).



а)



б)

Рисунок 3 – Летающие роботы-официанты

Роботы-официанты везут тележки с блюдами к столикам клиентов по запрограммированным маршрутам.

Если кто-то из людей мешает роботу-официанту пройти, то робот просит человека уступить ему дорогу. Роботы-повара занимаются варкой, жаркой и выпечкой различных блюд.

Еще один ресторан Dalu Robot был открыт в провинции Шаньдун в декабре 2010 года и сразу же стал одним из самых популярных ресторанов страны [2].

Все блюда готовят обычные повара, а роботы развозят еду по ресторану на велосипедах, к которым прикреплены специальные тележки (см. Рис.3).

В Сингапуре в ресторане Timbre Group появились летающие роботы-официанты (рис. 4 (а) и (б)). Производитель роботов – компания Infinium Robotics. Использование летающих роботов-официантов позволяет клиентам меньше времени ожидать заказ, и в любой момент времени обратиться к роботу-официанту за нужной услугой [3]. Роботы-официанты всегда находятся в поле зрения посетителей, что повышает качество обслуживания. Роботы-официанты обладают подсистемой управления и подсистемой зрения, что позволяет им не сталкиваться как с неподвижными объектами, так и друг с другом. При необходимости летающие роботы могут выстраиваться в очередь на посадку.

Организация работы роботов-официантов.

В ресторане создаются маршруты так, чтобы роботы не мешали клиентам, не сталкивались друг с другом и могли добраться до каждого столика. Также задаются приоритеты обслуживания каждого столика. Когда готовы основные маршруты, необходимо задать роли для каждого робота: какие роботы будут официантами, какие – барменами, какие роботы будут развлекать клиентов.

Для управления этой командой роботов необходимо приобрести и разместить в ресторане центральный сервер, создать соединения сервера с роботами и места для подзарядки роботов. После этого необходимо научить роботов выполнять свои обязанности. Для этого проводят всех роботов по помещению в ручном режиме, чтобы создать карту маршрутов и нанести местоположение столиков, места выдачи блюд. Также роботам показывают места, куда нужно отнести грязную посуду и места для подзарядки. На карте отмечают узкие места, где робот не сможет пройти, опасные места, где можно что-то разбить или получить повреждение. Построенная карта используется роботами при работе в автомати-

ческом режиме.

Создание экспериментального образца робота-официанта.

Робот – это автоматическое устройство, которое реагирует на действия окружающей среды. Роботы могут управляться человеком или выполнять заранее запрограммированные действия. Обычно у робота имеются разнообразные датчики (расстояния, угла поворота, ускорения), видеокамеры, манипуляторы и другие подсистемы.

Электронная часть робота состоит из микроконтроллера. Микроконтроллер – это микросхема с микропроцессором и тактовым генератором. К микроконтроллеру подключаются различные периферийные устройства, оперативная и постоянная память. В настоящее время на рынке имеется огромное количество разнообразных микроконтроллеров для разных областей применения. На их основе можно собирать различных роботов.

При разработке экспериментальных образцов роботов широко применяются микроконтроллеры AVR. В сети интернет размещено много примеров использования микроконтроллеров этого типа (см, например, www.avr.ru). Программы для микроконтроллера, обычно, пишутся на ассемблере или на языке Си, реже, на других языках, например, на Паскале.

Прежде чем приступить к созданию робота полезно построить его компьютерную модель. Моделирование может осуществляться в любой доступной программной среде, например, в Visual Studio фирмы Microsoft. Мы выполняем моделирование роботов с использованием методов и средств гибридного интеллекта [4, 5]. Модель работы робота-официанта написана на современном языке программирования C#. На рисунке 5 приведено основное окно компьютерной модели.

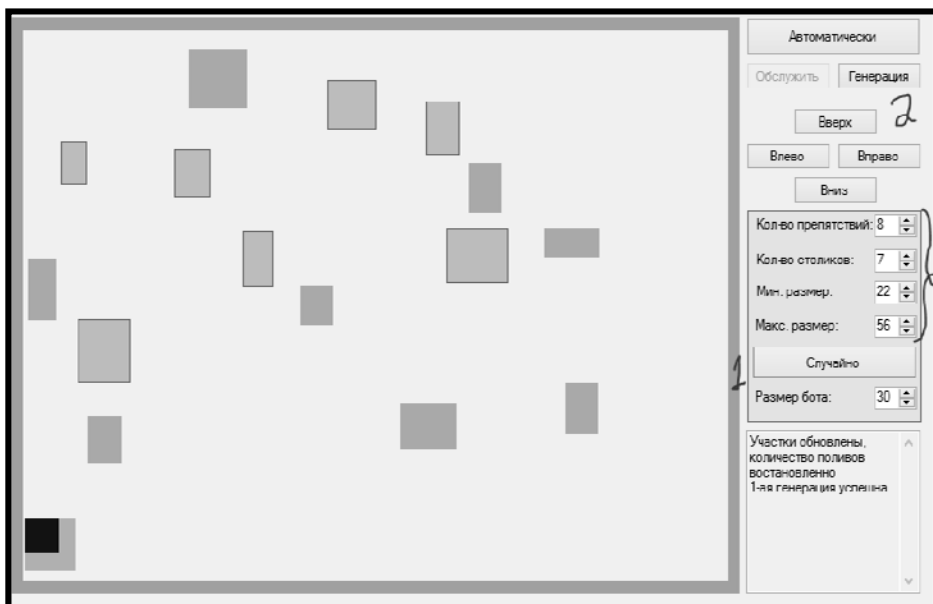


Рисунок 5 – Главное окно системы моделирования

Примечание: 1) – задание параметров модели; 2) управление роботом.

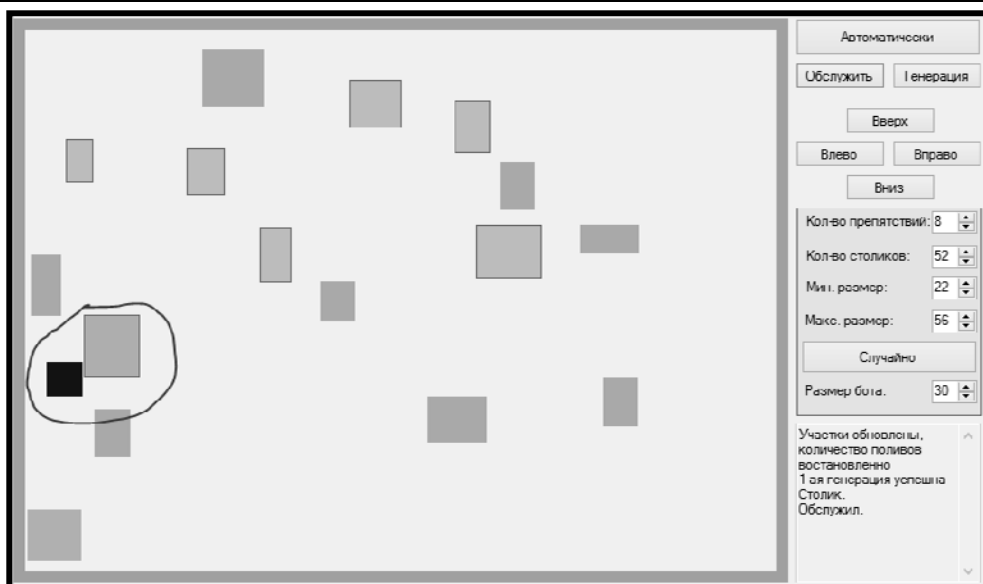


Рисунок 6 – Обслуживание столика роботом-официантом

При запуске программы генерируются столы, которые будет обслуживать робот. Компьютерная модель робота-официанта позволяет провести робота к столику с помощью кнопок управления, расположенных справа сверху в окне моделирования (рис. 5), либо путем нажатия соответствующих клавиш на клавиатуре. Когда робот доходит до столика, то он может обслужить его. Для этого нужно нажать на кнопку управления «Обслужить» в основном окне моделирования. Через некоторое случайное время этому столику снова потребуются официант. В окне моделирования это отображается изменением цвета столика (рис. 6). Программа моделирования позволяет определить оптимальное число роботов-официантов для заданных условий применения: количество столиков и интенсивность поступления посетителей в ресторане.

Развитие моделирующей программы выполняют студенты под руководством специалистов по робототехнике и гибриднему интеллекту [6]. Этой исследовательской работой студенты старших курсов занимаются во внеурочное время в лаборатории систем гибридного интеллекта. Тестирование моделей выполняют студенты младших курсов также во внеурочное время в кружке гибридного интеллекта. Это одно из важных направлений дополнительного образования.

Заключение.

Проведенный анализ информации в сети интернет показал, что ресторан в лице роботов получает преданных и надежных работников, экономит средства на зарплате персонала. Использование роботов способствует привлечению большего числа клиентов.

Важными этапами при создании экспериментальных образцов роботов являются:

- 1) построение компьютерной модели;
- 2) исследование деятельности с использованием робота на основе этой

модели.

Для построения и исследования компьютерных моделей используется специальный инструментальный программный комплекс [4, 5].

Информацию о теории систем гибридного интеллекта и ее применении для моделирования систем управления роботами можно найти на 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.kbfccenter.iicenter.ru>.

Литература

1. В Китае открылся ресторан роботов. Электронный ресурс. Режим доступа: (<http://wildflower.ru/prochee/705-vall-i-za-rabotoy-v-kitae-otkrylsya-restoran-robotov.html>).
2. Открылся ресторан, где работают роботы. Электронный ресурс. Режим доступа: (<http://china-today.ru/kitaj-restoran-roboti/>).
3. В Сингапуре появились летающие роботы-официанты. Электронный ресурс. Режим доступа: (<http://inform.kz/rus/article/2744717>).
4. Бухаров, М. Н. Управление экономическими системами на основе гибридного интеллекта [Текст] / М. Н. Бухаров // Вопросы региональной экономики. – № 01(22). – 2015. – С. 119-140.
5. Бухаров, М. Н. Использование теории конечных автоматов для управления сложными системами [Текст] / М. Н. Бухаров // Информационно-технологический вестник. – 01(03). – 2015. – С. 31-48.
6. Бухаров, М. Н. Использование моделирования сложных систем в обучении студентов вуза [Текст] / М. Н. Бухаров // Информационно-технологический вестник. – № 02(02). – 2014. – С. 28-34.

О методическом подходе к оценке технического уровня агрегатов и систем космических ракетных комплексов

В.Г. Исаев, к.т.н., доцент,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

В статье рассмотрен один из подходов к оценке технического уровня продукции на примере космического ракетного комплекса. Отмечено, что выбор технических решений по вновь создаваемым образцами их характеристикам должен проводиться сначала с учетом оценки технического уровня. При этом показатели технического уровня должны оцениваться как для комплекса в целом, так и для его составных частей. Приведены зависимости для расчёта показателя технического уровня по надёжности комплекса.

Технический уровень, показатель, комплекс.

About Methodical Approach to the Assessment of the Technological Level of Units and Systems of Space Missile Systems

V.G. Isaev, Ph.D., Associate Professor,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

In article one of approaches to an assessment of a technological level of production on the example of a space missile system is considered. It is noted that the choice of technical solutions according to their characteristics which are again created by samples has to be carried out at first taking into account an assessment of a technological level. Thus indicators of a technological level have to be estimated both for a complex in general, and for its components. Privedyona of dependence for calculation of an indicator of a technological level for reliability of a complex.

Technological level, indicator, complex.

При оценке технического уровня продукции, в том числе и космических ракетных комплексов (КРК), отражающего сравнительный уровень их технического совершенствования, целесообразно проводить исследования по определению реализации технических решений, при реализации которых обеспечивается требуемое (заданное заказчиком) повышение технических характеристик комплекса при минимальных экономических затратах. А также и сравнительный анализ вариантов КРК по технико-экономическим свойствам и показателям качества. Причём технический уровень комплекса может определяться применительно к какому-либо его одному свойству или совокупности его свойств.

Подобный анализ должен применяться на этапе проведения сравнитель-

ного анализа вариантов КРК (как и любого другого товара) и обоснования выбора его основных технических характеристик. Он включает этап выбора технических решений, обеспечивающих повышение характеристик комплекса и его составных частей до требуемого (заданного заказчиком) уровня, этап выбора рациональных технических решений и этап сравнительной оценки вариантов комплекса по показателям качества [1, 2].

Основные характеристики агрегатов и систем комплекса, подлежащих разработке на этапе технических предложений и последующих этапах ОКР должны обеспечивать выполнение заданных характеристик верхнего уровня систем и элементов КРК, в состав которого они функционально входят. Выбор технических решений по таким системам и элементам и их характеристикам должен проводиться сначала с учетом оценки технического уровня. Показатели технического уровня оцениваются как для комплекса в целом, так и для его составных частей.

Для разрабатываемых вновь систем и элементов комплекса значения характеристик должны находиться в диапазоне от значений характеристик базового комплекса до значений характеристик эталонного комплекса.

Выбор рациональных технических решений в обеспечение повышения значений характеристик комплекса в целом целесообразно проводить на основе обобщенного экономического критерия. Учитывая, что каждое техническое решение характеризуется тремя показателями:

- Эффектом от его внедрения в конкретном комплексе;
- Дополнительными затратами на реализацию предлагаемого технического решения в рассматриваемом КРК;
- Сроком внедрения технического решения.

Из всей совокупности рассматриваемых технических решений следует выбирать такие, при реализации которых обеспечивается выполнение заданных характеристик комплекса при минимальных затратах. Технические решения, составляющие такую совокупность, являются рациональными по сравнению с другими техническими решениями. В качестве обобщенного экономического критерия, при сопоставлении и анализе вариантов технических решений, предлагается использовать разность суммарных (полных) затрат на реализацию «жизненного цикла» рассматриваемого и базового вариантов комплекса.

Выбор рациональных вариантов технического облика комплекса желательно проводить на основе сравнительного анализа вариантов КРК по частным, интегральным и комплексному показателям качества КРК.

В качестве базового образца следует принимать реализованный образец, обладающий наиболее высоким в мировой практике рассматриваемым показателем технического совершенства. В качестве эталонного образца принимается образец, обладающий характеристиками соответствующими достижимому уровню в соответствии с основными направлениями развития на рассматриваемый период.

Показатель технического уровня U_{ij} i -го образца по j -му свойству следует рассчитывать как отношение приведенного показателя технического совершенства

шенства этого образца A_j^i по j -му свойству к такому же показателю техниче-

ского совершенства базового образца A_j^B , по формуле
$$U_{ij} = \frac{A_j^i}{A_j^B}$$

В тех случаях, когда повышение тех уровня связано с уменьшением чис-

ленного показателя, можно использовать выражение
$$U_{ij} = \frac{A_j^B}{A_j^i}$$

Для разрабатываемых и перспективных образцов показатель технического уровня должен быть меньше или равен 1.0 при сравнении с эталонным образцом и больше 1.0 – при сравнении с базовым.

В качестве примера рассмотрим оценку показателя технического уровня по надёжности комплекса. Такую оценку следует проводить независимо от других показателей технического уровня комплекса. При этом показатели надёжности КРК должны соответствовать требованиям [3] и ведомственным нормативным документам.

Показатель технического уровня надёжности комплекса
$$U_H = \frac{P}{P^B}$$

,где

P, P^B – соответственно обобщенные показатели надёжности рассматриваемого комплекса и базового комплекса.

Обобщенный показатель надёжности комплекса включает надёжность ракеты носителя и обеспечивающих систем на стартовом комплексе в период гарантийного срока эксплуатации и определяется по зависимости

$$P = P(\tau_n)P(\tau_{np}),$$

где $P(\tau_n)$ – показатель надёжности в период подготовки к пуску и пуска, представляющий собой вероятность своевременной и (или) безотказной подготовки к запуску и запуску ракеты носителя, не превышающее нормативное τ_n значение, которое имеет вид

$$P(\tau_n) = \prod_i^{n_n} P(\tau_n),$$

где

$P_i(\tau_n)$ – показатель надёжности $P(\tau_n) = \prod_i^{n_n} P(\tau_n)$ в период подго-

товки и запуска ракеты-носителя,

n_n – количество систем комплекса, участвующих в подготовке и запуске ракеты носителя,

$P(\tau_{np})$ – показатель надёжности ракеты носителя на этапе полёта (до отделения полезной нагрузки). Определяется по зависимости

$$P(\tau_{np}) = \prod_i^{n_k} P(\tau_{np}),$$

где

$$P_i(\tau_{np}) – \text{показатель надёжности } P(\tau_n) = \prod_i^{n_n} P(\tau_n) \text{ в период полёта}$$

ракеты-носителя.

Так как надёжность комплекса определяется надёжностью его составных частей, то целесообразно использовать дополнительные показатели технического уровня для установления «слабых» и «прочных звеньев» в структурной схеме надёжности комплекса.

В качестве дополнительных показателей технического уровня по надёжности могут быть использованы:

Показатель технического уровня надёжности элементной базы рассчиты-

вается по зависимости

$$U_{ЭБ} = \frac{\lambda}{\lambda^B},$$

где λ, λ^B - соответственно интенсивность отказов элементной базы рассматриваемой и базовой систем;

Показатель технического уровня по долговечности элементов комплекса, имеющих наименьший срок службы, рассчитывается по зависимости

$$U_R = \frac{R}{R^B},$$

где R и R^B – соответственно срок службы рассматриваемого и базового элемента;

Показатель, характеризующий совершенствование технологии в части

обеспечения надёжности, рассчитывается по зависимости

$$A_{техн} = \frac{n_{np}}{n},$$

где n_{np} – количество производственных отказов;

n – общее количество отказов.

Показатель, технического уровня по технологии производства в части обеспечения надёжности, рассчитывается по зависимости

$$U_{техн} = \frac{A_{техн}}{A_{техн}^B}$$

Показатель, характеризующий реализуемость требований и принципов обеспечения надёжности изделия равен

$$M = \frac{\frac{m}{2^{SV} * N} [\log m - \log(N + SV)]}{q_0 * \log q_0},$$

где q_0 – вероятность отказа проектируемой системы;
 M, S, V, N – соответственно число отказов, функций, элементов, структурной реализации, количество натуральных испытаний.

Показатель технического уровня реализуемости требований и принципов обеспечения надёжности рассчитывается по зависимости $U_M = \frac{M}{M^B}$.

Таким образом, проведение оценок технического уровня технической системы, по предлагаемому алгоритму позволит оценить степень её технического совершенства.

Литература

1. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: Учебное пособие / В. К.Федюкин // М.: КНОРУС. – 2010.
2. Жидкова, Е. А., Митрофанова, И. П. Основы обеспечения качества: монография // М: РГУИТП. – 2014г.
3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

Результаты полевых испытаний фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений

С.А. Минько, аспирант,
Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина

В статье обоснована целесообразность обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений фрезой с вертикальной осью вращения рабочих органов; приведены параметры режима работы фрезы и геометрические параметры рабочих органов. Изложены результаты предварительных испытаний фрезы и установлена эффективность применения экспериментальных рабочих органов, позволяющих улучшить структурно – агрегатный состав почвы.

Приствольная полоса, плодовые насаждения, параметры, обработка почвы, рабочие органы, фреза.

Preliminary Tests Results of the Cutter for Soil Cultivation in Trunk Strips of Fruit Plantations

S.A. Min'ko, graduate student,
Tavria State Agrotechnological University Melitopol, Ukraine

The expediency of soil cultivation in trunk strips of fruit plantations by the cutter with working parts having vertical axis of rotation has been substantiated in the article; the parameters of the cutter operating modes as well as working parts geometrical parameters have been given. The results of preliminary tests of the cutter have been considered and the efficiency of experimental working parts enabling to improve structural and aggregate soil formulation has been defined.

Trunk strip, fruit plantation, parameters, soil cultivation, working parts, cutter.

Постановка проблемы. В работе [1] сказано, что полное исключение обработки почвы в приствольных полосах сада (содержание почвы под многолетними травами) затрудняет внесение минеральных удобрений и способствует появлению грызунов. Там же приведено, что наиболее целесообразна комбинированная система содержания почвы в саду – содержание приствольных полос под «черным паром», а междурядья под многолетними травами. В работе [2] указано, что механическое воздействие на почву в приствольной полосе позволяет управлять ее фазовым состоянием в текущий момент времени, что важно для садов с системами микроорошения. Механическим воздействием на почву возможно создать необходимый агрегатный состав, который относится к одному из основных агрофизических показателей плодородия почвы. Согласно [3] почва имеет хорошее структурное состояние, если содержание в ней агрегатов от 0,25мм до 10мм находится в количестве от 60% до 80%, что способствует формированию

оптимального водного и воздушного режимов почвы. Как указывал И. Е. Овсинский [4] создание оптимального водного и воздушного режимов почвы, при котором возникает эффект воздушной ирригации, что особенно важно в природно-климатических зонах с недостаточным увлажнением, достигается мелкой (двухдюймовой) обработкой специальными орудиями. Такого эффекта можно добиться обработкой почвы в приствольной полосе сада фрезой МФ-1с вертикальной осью вращения рабочих органов (далее – ножи) при условии изменения их параметров [2].

Цель исследований. Оценить работу по агрономическому критерию экспериментальных ножей фрезы МФ-1 для обработки почвы в приствольных полосах сада.

Основные материалы исследований. Нами обоснованы параметры формы и положения ножа фрезы, который имеет цилиндрическую поверхность с направляющей CF, согласованной с траекторией движения режущей кромки ножа и имеющей задний угол резания (рис. 1) [5].

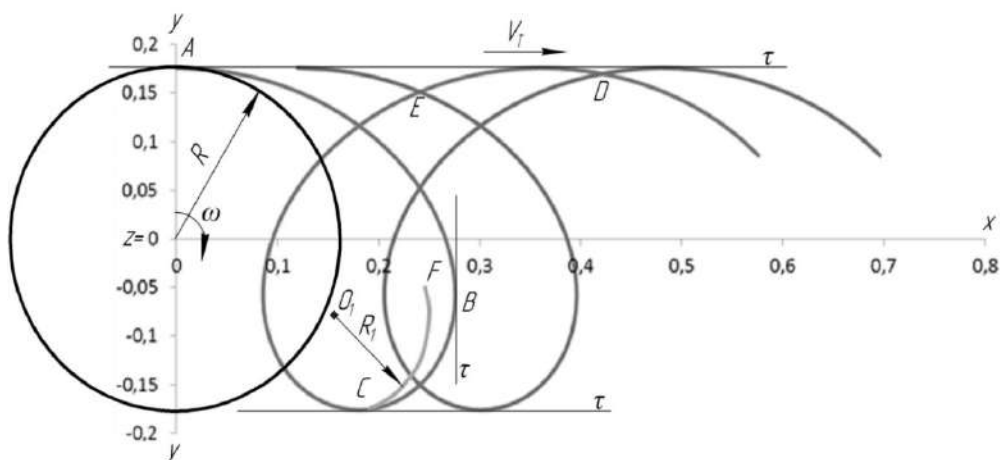


Рисунок 1 – Траектория движения режущей кромки ножа фрезы

Радиус R_1 направляющей цилиндрической поверхности ножа CF составил 0,097 м, а параметры, которым он соответствует, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические и конструктивные параметры ножевого барабана фрезы МФ-1

Параметр	Ед. измерения	Значение параметра
Скорость МТА	м/с	0,88
Угловая скорость вращения ножевого барабана	рад/с	15,3
Радиус ножевого барабана	м	0,176

На основании проведенных расчетов изготовлены два ножевых барабана фрезы МФ-1 (рис. 2).



Рисунок 2 – Ножевой барабан фрезы МФ-1

Совместно с представителями завода были проведены приемочно-сдаточные (предварительные) испытания фрезы с экспериментальными ножами под нагрузкой. Испытания были проведены осенью 2014г. в насаждениях черешни хозяйства «Лана» Михайловского района Запорожской области (рис. 3).



Рисунок 3 – Обработка почвы в приствольной полосе черешневого сада фрезой МФ-1 с экспериментальными ножами

При испытаниях влажность почвы находилась в пределах от 26% до 30%. В результате испытаний установлено, что количество средней фракции почвы (от 0,25мм до 7мм) до обработки составляла 51,7%, а после обработки фрезой 75,5%. При этом плотность почвы до обработки составляла 0,85 г/см³, а после обработки – 0,65 г/см³.

Выводы. 1 Установлено, что фрезы МФ-1 с экспериментальными ножами способствует увеличению средней фракции почвы на 23,8 % и снижению её плотности на 0,2 г/см³.

2 Количество средней фракции почвы составило 75,5%, что по шкале установленной ДСТУ4362 соответствует состоянию «хорошее». Фреза обеспечивает необходимое качество обработки почвы и готова к проведению производственных испытаний в течение всего вегетационного периода.

Литература

1. Саньков, С. М. Фреза с вертикальной осью вращения для обработки приствольных полос в саду [Текст] / С. М. Саньков, В. И. Цымбал // Садоводство и виноградарство. – Москва. 2003. – С.9-10.
2. Мінько, С. А. Механізація обробітку гранту в плодкових насадженнях [Текст] / С. А. Мінько // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2015. – Вип 14. – Том 2. – С.61-66.
3. Проказники родючості ґрунтів: ДСТУ 4362:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України. – 2006. – 19с. – (Національний стандарт України).
4. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия. Перепечатка публикации 1899 г. (Киев, тип. С. В. Кульженко) [Текст] // И. Е. Овсинский // Новосибирск: АГРО-СИБИРЬ. – 2004. – 86с.
5. Дідур, В. А. Проектування робочих органів фрези для обробітку ґрунту [Текст] / В. А. Дідур, С. А. Мінько // Праці Таврійського Державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2015. – Вип 14. – Том 2. – С.61-66.

**Эвристическое описание процесса обоснования требований
к сложным техническим системам**

М.Д. Озерский, д.т.н., с.н.с.,

В.Н. Строителев, д.т.н., профессор,

В.Г. Исаев, к.т.н., доцент,

Е.А. Жидкова, ст. преподаватель,

Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой эвристического описания процесса обоснования требований к сложным техническим системам (СТС), включающего описание этапов решения задачи, принципов учета неопределенностей условий функционирования СТС.

Сложные технические системы, показатели качества, стохастические и не стохастические неопределенности.

**Heuristic Description of Process Justification Requirements to Difficult
Technical Systems**

M.D. Ozerskii, Doctor of Engineering Science, senior researcher,

V.N. Stroitelev, Doctor of Engineering Science, professor,

V.G. Isaev, Ph.D., Associate Professor,

E.A. Zhidkova, lecturer,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The questions connected with development of the heuristic description of process the justification of requirements to the difficult technical systems (DTS) including the description of stages the solution a task, the principles of the accounting of operating conditions STS are considered.

Difficult technical systems, quality indicators, stochastic and not stochastic uncertainty.

Обоснование и разработка требований к показателям качества технических систем следует отнести к наиболее важным управленческим процессам. От правильно выбранных показателей в значительной степени зависит успех дела, функционирование организации, которая эти требования должна разрабатывать.

Обоснование требований требует анализа большого количества информации в исследуемой и смежных областях деятельности. Необходимо охватить и провести анализ научных разработок, маркетинговых исследований, изучить патентную информацию, инновационные достижения. Конечные результаты фор-

мирования требований также во многом будут зависеть от умения специалистов находить решения в условиях неопределенностей различного характера, в условиях многокритериальности, при наличии конфликтных ситуациях, возникающих, как правило, в условиях конкурентной борьбы.

В процессе функционирования любой организации большинство ее мероприятий, например, вывод нового товара на рынок, обеспечение прибыли в условиях усилившейся конкуренции, расширение или модернизация производства – все они сопряжены с необходимостью обоснования и разработки требований к показателям качества и техническому уровню новых видов продукции. При этом новая продукция должна удовлетворять значительному количеству различных, нередко противоречивых, условий: многофункциональности и простоте конструкции, технологичности производства, дешевизне, конкурентоспособности, эстетичности, эргономичности, надежности, удобству эксплуатации и т.д. [4,5].

Игнорирование хотя бы одного из этих условий, может упростить и ускорить разработку продукции, но также может привести к таким просчетам, которые будет уже нелегко исправить в будущем. Особенно это касается разработки сложных технических систем, к которым, в первую очередь, можно отнести продукцию машиностроения и приборостроения, объекты вооружения и военной техники и др.

Если раньше затраты на обоснование требований к СТС были относительно невелики, т.к. вариантов для выбора различных возможностей было мало. При этом, чаще всего использовался принцип: «Ничего, кроме самого лучшего». В настоящее время этот принцип стал неприемлем. Это вызвано тем, что расходы на создание перспективных образцов СТС значительно возросли. Поэтому его заменил другой: «Только то, что необходимо и за минимальную стоимость».

В отличие от обоснования требований к продукции потребления, к относительно простым товарам и услугам, формирование требований к показателям качества СТС требуют проведения глубоких научных исследований, направленных на решение сложных математических задач, зачастую многокритериальных, как правило, в многовариантных и неопределенных ситуациях.

Решение задач по обоснованию показателей их качества невозможно проводить «в лоб» с применением оптимизационных методов по нахождению экстремальных значений параметров, влияющих на эффективность функционирования СТС.

Вопросам эвристического описания процесса обоснования требований к показателям качества сложных технических систем посвящена настоящая статья.

Практика показала, что решение такого рода задач целесообразно проводить поэтапно.

На первом этапе формируется ряд альтернативных вариантов СТС, учитывающих новейшие достижения научно-технического прогресса, инновационные разработки в данной области, результаты патентных исследований и др. Их формирование проводится, как правило, с применением методов экспертного анализа.

На следующем этапе, путем сравнительного анализа альтернативных вариантов по эффективности их применения, с использованием математического

аппарата, а в ряде случаев с применением экспериментальных исследований, определяется оптимальный вариант СТС.

В итоге потребовалась разработка методов, которые бы позволили анализировать сложные технические объекты как единое целое, обеспечивали бы рассмотрение сформированных на первом этапе альтернатив, каждой из которых соответствовало бы большое число параметров (показателей качества). При этом методы должны обеспечивать полноту оценки каждой альтернативы, должны позволять учитывать разнообразные варианты функционирования СТС, учитывать различного вида неопределенности, связанные с изменчивым характером условий, в которых эксплуатируются СТС.

Обоснование и задание требуемых показателей качества к СТС и параметров их функционирования проектным организациям в виде требований на их разработку и производство основаны на применении методологических основ принятия решений в сложных ситуациях, включающих всесторонний анализ особенностей их структуры, вещественно-энергетических свойств отдельных элементов этих систем, характера воздействия на них внешних и внутренних факторов различной природы, особенностях воздействия самих СТС на другие системы и окружающую среду. Такова объективная основа полного (системного) обоснования показателей качества СТС, включающего оценку технической, экономической, экологической, социальной и других составляющих.

Отдельные аспекты, связанные с решением указанных задач, нашли отражение в многочисленных публикациях по системному анализу [5,6], исследованию операций [1,2,4], теории выработки решений в сложных ситуациях [3] и др. Однако, несмотря на большое число работ по этим аспектам, их приложение к решению задач по обоснованию требований к показателям качества СТС нуждаются в дальнейшем совершенствовании, прежде всего в части описания процесса обоснования требований к показателям качества сложных технических систем и разработки смысловой и формализованной постановки задач по определению их количественных значений.

Приемы и методы обоснования требований к показателям качества СТС должны быть направлены на формирование концепции поиска решения, разработки на ее основе целей и задач функционирования объекта как сложной системы, его декомпозицию на отдельные подсистемы и элементы, разработку показателей и критериев их эффективности и эффективности системы в целом. Их разработка должна учитывать условия функционирования СТС, различного рода ограничения (технического, физического, ресурсного, экономического характера), дисциплинирующие факторы (которые не должны быть нарушены в процессе исследований) и завершаться разработкой методов количественной оценки эффективности различных вариантов объектов, обеспечивающих выбор наиболее оптимальных (рациональных) вариантов СТС из числа альтернативных.

При исследовании эффективности СТС выделяют следующие группы основных факторов, влияющих на ее значение: параметры, условия и способы функционирования СТС, дисциплинирующие факторы, ресурсные ограничения.

Очевидно, что в этом случае, показатели качества, способы и стратегии функционирования СТС формируется из множества альтернативных вариантов.

На рисунке 1 приведен перечень наиболее типовых факторов и условий, влияющих на эффективность СТС.

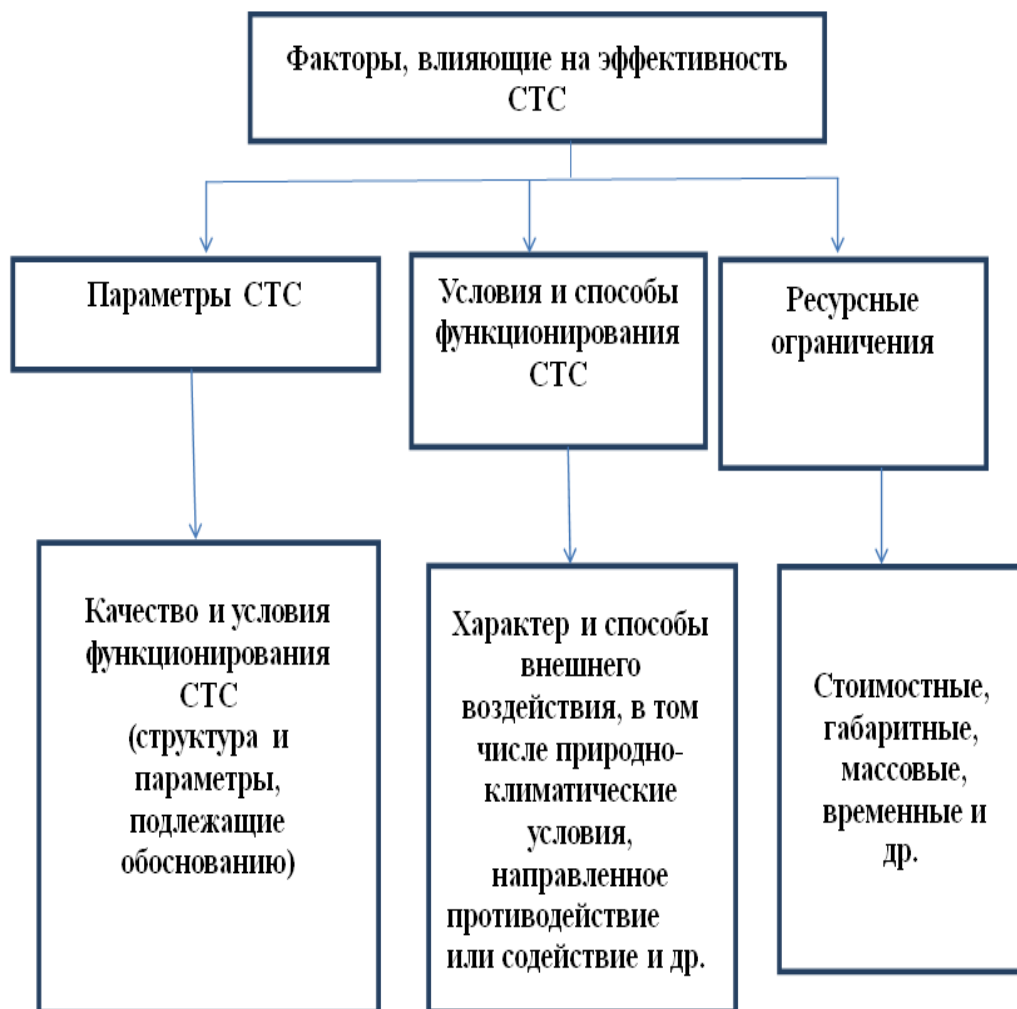


Рисунок 1 – Перечень факторов и условий, влияющих на эффективность СТС

Условия функционирования в общем случае могут носить управляемый и неуправляемый, определенный и неопределенный характер.

К управляемым факторам относят такие, на которые лицо, принимающее решения (ЛПР) может влиять по своему усмотрению. К таким факторам, например, обычно относят факторы, характеризующие параметры систем, способы применения систем, т.е. факторы, которые в процессе исследований подлежат обоснованию. Совокупность этих факторов определяют стратегию ЛПР.

В свою очередь к неуправляемым факторам относят такие, на которые ЛПР повлиять не может, например, погодные условия, дислокация противника, конкурентная ситуация на рынке и другие.

В зависимости от наличия информации о факторах, характеризующих обстановку, их можно разделить на две группы[1]:

1) К первой группе следует отнести определенные или фиксированные факторы. Их значения строго регламентируются.

Это различного рода заданные параметры объекта, которые в процессе исследования не могут быть нарушены (дисциплинирующие условия), ресурсные ограничения, и способы применения объекта.

К определенным факторам также относят контролируемые входные воздействия (конкурентная ситуация на рынке продаж), в том числе и управляемые переменные (время вывода нового объекта на рынок).

2) Ко второй группе относятся неопределенные факторы. Для этих факторов заранее (т.е. до реализации стратегии) неясно, какие значения они примут (природные факторы, характер процесса функционирования, характер действий конкурентов и др.)

Природа неопределенности случайных факторов может быть различной. В зависимости от происхождения неопределенные факторы делятся на случайные и неопределенные не стохастического характера [1].

Распределение вероятностей для случайных факторов может быть известно (частично или полностью) или нет. Если неизвестные факторы представляют собой обычные объекты изучения теории вероятностей – (случайные величины или случайные функции), статистические характеристики которых нам известны или в принципе могут быть получены к нужному сроку путем проведения несложных исследований.

В том случае, если условия функционирования являются случайными факторами, то в качестве показателя эффективности, как правило, принимается не сама величина, ее математическое ожидание.

Если неизвестные факторы представляют случайные величины или случайные функции, статистические характеристики которых нам известны или в принципе могут быть получены к нужному сроку, то такие неопределенности являются стохастическими и могут быть учтены с использованием вероятностного подхода [1].

Приведем пример из книги Е. С. Вентцель «Исследование операций» [1].

«Пусть организуется или реорганизуется работа столовой с целью повысить ее пропускную способность. В точности неизвестно, какое количество посетителей придет в нее в течение рабочего дня, какие блюда заказывать и сколько времени будет продолжаться обслуживание каждого из них. Однако характеристики этих случайных величин, если сейчас еще не находятся в нашем распоряжении, могут быть получены в результате исследований и статистической обработки результатов».

Некоторые неопределенности не стохастической природы иногда удается перевести в разряд случайных факторов с помощью рандомизации. Под рандомизацией понимают искусственное введение случайности в ситуацию, где она отсутствует. Например, при анализе эффективности технических систем исследователю может быть известен лишь район расположения некоторого объекта. Положение объекта неслучайно. Однако исследователь может предположить, что в пределах известного района положение объекта распределено с постоянной плотностью вероятности. Этим он рандомизировал

положение объекта, т.е. ввел искусственно вероятностное распределение.

Случайные переменные с неизвестными функциями распределения делят на два вида: с известными параметрами распределения (например, математического ожидания и дисперсии параметров) и с неизвестными параметрами распределения [3].

Неопределенность не стохастического характера возникает обычно в случае реализации следующих обстоятельств:

–наличие целенаправленного противодействия со стороны конкурирующей системы (противника), способы действий которой неизвестны исследователю (поведенческая неопределенность);

–недостаточной изученностью явлений, сопровождающих процесс функционирования системы (природная неопределенность);

–нечеткого представления цели операции, приводящей к неоднозначной трактовке соответствия реального результата желаемому (целевая неопределенность) [3].

В этом случае целесообразно применить один из следующих вариантов: параметрическое оценивание (границы диапазона возможных значений параметра), экспертный анализ.



Рисунок 2 – Типы неопределенностей и характер их учета

На рисунке 2 приведены типы условий функционирования СТС и рекомендации по принципам учета неопределенностей при проведении исследований.

Таким образом, процесс обоснования требований к СТС предполагает:

- поиск необходимой информации и формирование альтернативных вариантов СТС;

- проведение системного анализа СТС и формирование концепции определения параметров (показателей качества), обеспечивающих их эффективное функционирование;

- анализ факторов, условий функционирования СТС и формирование расчетных вариантов условий с учетом имеющихся неопределенностей;

- определение ресурсов (материальных, финансовых, временных, кадровых и др.), необходимых для создания объекта, и ограничений на их использование;

- формирование целей, показателей и критериев для оценки эффективности альтернативных вариантов СТС на основе принятой концепции;

- разработку смысловой и формализованной постановки задачи по определению показателей и критериев эффективности, а также потребных ресурсов в зависимости от количественных значений показателей качества.

- разработку математических моделей, а в ряде случаев и проведение экспериментов по установлению связи принятых показателей эффективности и ресурсных затрат с параметрами (показателями качества) и условиями функционирования СТС.

- проведение оценок по определению показателей и критериев эффективности на основе принятой концепции и принятие решения по выбору оптимального из альтернативных вариантов.

Одним из исходных положений обоснования требований является то, что, несмотря на особенности каждой из СТС и разнообразие их показателей качества, можно выделить общие черты, позволяющие применять для их решения сходные подходы и методы, которые опираются на изложенное выше эвристическое описание процесса обоснования требований к сложным техническим системам.

Литература

1. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. Учебное пособие для вузов [Текст] / Е. С. Вентцель // М.: Дрофа. – 2004. – 208 с.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник т.3. Эффективность технических систем // М.: Машиностроение. – 1988, 328 с.
3. Подиновский, В. В. Математическая теория выработки решений в сложных ситуациях [Текст] / В. В. Подиновский // Министерство обороны СССР. – 1981. – 212 с.

-
4. Управление инновациями на основе априорной и статистической информации: монография / В. Н. Строителев, Е. Ю. Гаврючин, Е. А. Жидкова, Л. П. Шумская, Е. А. Росовская, Е. С. Слуднякова // М.: РГУИТП. – 2011. – 260с.
 5. Управление инновациями и качеством [Текст] / Т. Н. Антипова, Н. П. Асташева, О. А. Горленко, В. Г. Исаев, О. А. Копылов, В. А. Коновалова, Е. А. Жидкова, В. Н. Строителев, А. Г. Суслов: учебное пособие / под ред. Т.Е. Старцевой // Москва. – ФТА. – 2013. – 300с.

Постановка и подходы к решению задачи обоснования направлений развития информационных систем однократного действия в форме двухэтапной задачи стохастического программирования

Ю.В. Стрэналюк, д.т.н.,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены подходы к решению задачи по обоснованию направления развития информационных систем однократного действия в форме двухэтапной задачи стохастического программирования.

Информационные системы однократного действия, стохастическое программирование, детерминированная задача.

Setting and Approaches to the Solution of the Problem of Substantiation of Directions of Development of Information Systems Single Action in the form of a Two-Stage Problem of Stochastic Programming

I.V. Strenalyuk, doctor of science, professor, Professor of the Department ITUS,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

Discusses approaches to solving the problem of a substantiation of directions of development of information systems single action in the form of a two-stage problem of stochastic programming.

Information system single-action, stochastic programming, deterministic task.

При исследовании задачи обоснования основных направлений развития информационных систем на длительную перспективу основной трудностью является неопределенность условий развития и возможного применения.

В этих условиях неполной информации целесообразно представлять процесс решения разделенным на два этапа.

На первом этапе выбирается *предварительный план*, позволяющий определить направления развития информационных систем однократного действия (ИСОД) на ближайшую перспективу и провести соответствующие предварительные работы.

На втором этапе, после выявления реализованных значений случайных параметров условий задачи и проводится уточнение направлений развития ИСОД в *плане-компенсации*.

Предварительный план направлений развития и план-компенсация должны быть согласованы таким образом, чтобы обеспечить минимум среднего значения суммарных затрат, возникающих на обоих этапах решения задачи.

Пусть для i -го ($i=1, \dots, m$) типа ИСОД возможно несколько вариантов развития ($j=1, \dots, d_i$).

Тогда $z_{ij}=1$, если для i -го типа ИСОД принимается j -й путь развития на первом этапе, и $z_{ij}=0$ – в противном случае.

Аналогично, $y_{ij}(u)$ – путь развития i -го ИСОД после уточнения условий u (равный единице, если выбран j -й путь, и нулю – в противном случае).

Пусть известны следующие исходные данные:

$C_{ij}(u)$ – затраты на развитие i -го элемента ИСОД по j -му варианту на 1-м этапе;

$S_{ijk}(u)$ – дополнительные затраты на изменение пути развития i -го элемента ИСОД, связанные с переходом от j -го к k -му варианту развития на 2-м этапе при реализации случайных факторов u ;

N_{ij}^m – необходимое количество (наряд) ИСОД i -го типа при j -м варианте развития, необходимый для выполнения поставленной задачи;

$N_{ij}(u)$ – количество доставляемых к целям ИСОД i -го типа при j -м варианте их развития и реализации случайных факторов u их применения;

f – часть планового периода развития, отвечающего работе по предварительному плану.

В качестве ограничения выступают требуемые количества обслуживаемых типовых объектов – $N_{об}$.

Тогда постановка задачи обоснования ОНР ИСОД формулируется в виде двухэтапной задачи стохастического линейного целочисленного программирования и принимает следующий вид (M – символ математического ожидания случайной величины):

$$\min M \{ f \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{d_i} C_{ij}(u) \cdot z_{ij} + \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{d_i} [(1-f)_j \cdot C_{ij}(u) \cdot y_{ij} + \sum_{k, k \neq j} S_{ijk}(u) \cdot y_{ik}] \} \quad (1)$$

$$\text{при условиях } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{d_i} N_{ij}(u) / N_{ij}^m \cdot [f_j \cdot z_{ij} + (1-f)_j \cdot y_{ij}] \geq N_{об}, \quad (2)$$

$$z_{ij} = \{0, 1\}; y_{ij} = \{0, 1\}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, d_i. \quad (3)$$

В общем виде эта задача записывается следующим образом:

$$\min M_u \{ c(u)_j \cdot z + \min [q(u) \cdot y \text{ при } |B(u)y = b(u) - A(u)z, y \geq 0|] \} \quad (4)$$

$$\text{при } A(1)z = b(1), z \geq 0, \quad (5)$$

где c – вектор затрат; q – вектор «штрафов» за необходимость компенсации направлений развития; $b(1)$, b – вектора ограничений на 1 и 2

этапах; $A(1)$, A – матрицы коэффициентов ограничений для 1-го и 2-го этапа.

Построим детерминированную задачу, эквивалентную двухэтапной задаче стохастического программирования. Решением эквивалентной задачи является *предварительный план* z . По составляющим оптимального предварительного плана и реализациям параметров условий и строится задача второго этапа – задача линейного программирования, решение которой определяет необходимую компенсацию плана u .

Эквивалентная детерминированная задача имеет вид:

$$\min F(z) = \min \{ -cz + P(z, A, b) \}, \quad (6)$$

$$z \in K \quad z \in K$$

где $K = [K1 \ K2]$; $K1 = \{z | A(1) \cdot z = b(1); z \geq 0\}$ (7)

$$K2 = \{z | \text{для всех } u \in U \text{ существует } y \geq 0, B(u)y = b(u) - A(u)z\}$$

(8)

$P(z, A, b)$ – критериальная функция 2-го этапа задачи, которая по теореме двойственности для линейного программирования определяется следующим образом:

$$P(z, A, b) = x^*(A, b, z)(b - Az),$$

где $x^*(A, b, z)$ – решение двойственной задачи к задаче второго этапа:

$$Q(z, A, b) = \max_x x(b - Az) \quad (9)$$

$$\text{при } xB \leq q. \quad (10)$$

В [1] показано, что область определения K выпукла, детерминированная задача (6)...(8) является задачей выпуклого программирования, целевая функция $Q(z)$ повсюду на K непрерывно дифференцируема.

Поэтому необходимым и достаточным условием оптимальности плана двухэтапной задачи является:

$$dQ/dz|_{z=z^*} = du/dz|_{z=z^*} = M[c - x^*(A, b, z^*)] = 0$$

При детерминированных z_i , удовлетворяющих ограничениям, задача 2-го этапа представляет собой одноэтапную задачу, решение которой осуществляется следующим образом.

Предполагается, что составляющие решения – случайные величины u , принимающие значения 0 или 1. Допуская решение в смешанных стратегиях и обозначив $\int y_{ij}(u) dF_{ij}(u) = p_{ij}(u)$,

где p_{ij} – условная вероятность, с которой следует выбирать u_{ij} равным единице при реализации u случайных параметров условий задачи, получим следующее.

В переменных p_{ij} задача 2-го этапа сводится к задаче линейного программирования:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{d_i} [(1-f)_j \cdot c_{ij} \cdot p_{ij} + \sum_{k, j=1, k \neq j} S_{ijk} \cdot p_{ik}] \rightarrow \min \quad (11)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{d_i} N_{ij} / N_{ij}^n \cdot [f_j \cdot z_{ij} + (1-f) \cdot p_{ij}] \geq N_{об}, \quad (12)$$

$$0 \leq p_{ij} \leq 1; \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, d_i. \quad (13)$$

Решение этой задачи осуществляется известными методами (например, симплекс-методом).

Литература

1. Гермейер, Ю. Б. Введение в теорию исследования операций [Текст] / Ю. Б. Гермейер // М.: Наука. – 1971. – 384 с.

**Разработка методов оценки изменения коэффициента поглощения
солнечного излучения терморегулирующих покрытий
и температуры в отсеках космического аппарата
при его нахождении на орбите**

А.М. Шамаев, аспирант кафедры «Управление качеством и стандартизация»,
М.Д. Озерский, д.т.н., профессор кафедры «Управление качеством и
стандартизация»,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

В настоящее время необходимо увеличение срока активного существования (САС) космических аппаратов (КА). Одним из основных факторов ограничивающих САС КА является нарушение нормального функционирования радиоэлектронной аппаратуры расположенной в его отсеках, в результате повышенным температуры в процессе эксплуатации космического аппарата. Значение температуры в отсеках определяется величиной температуры внешней поверхности КА, и мощностью выделяемой радиоэлектронной аппаратурой. Температура внешней поверхности КА определяется оптическими характеристиками терморегулирующих покрытий (ТРИ), а именно: коэффициентом поглощения солнечного излучения A_s и коэффициентом теплового излучения – ε . ТРИ. В процессе эксплуатации КА внешняя поверхность подвержена воздействию космической радиации, что приводит к увеличению коэффициента A_s , значение коэффициента излучения – ε , оказывается устойчиво к воздействию космической радиации. Увеличение A_s приведёт, к возрастанию температуры в его отсеках. На данный момент отсутствуют достоверные методы оценки изменения A_s ТРИ КА, что затрудняет планирование САС КА. В связи с этим разработка методов оценки изменения коэффициента A_s ТРИ КА является актуальной задачей [1, С14-16], [3, С123-126].

Терморегулирующие покрытия, оптические свойства, космический аппарат.

**Development of Methods of Valuation Changes in the Coefficient of
Absorption of Solar Radiation and Thermal Control Coating Temperature
in the Compartments of the Spacecraft when it is in Orbit**

A.M. Shamaev, graduate first year of the Department of «quality management and
standardization»,

M.D. Ozersky, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of quality
management and standardization,

State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

At present time is necessary to increase the term of active existence (SAS)

spacecraft (SC). One of the major factors limiting the CAC SC is a disruption of the normal functioning of the electronic equipment housed in the compartments as a result of elevated temperatures during operation of the spacecraft. The temperature in the compartments is determined by the temperature of the external surface of the spacecraft, and allocated power electronic equipment. The temperature of the external surface of the spacecraft is determined optically thermostatic coatings (TRP), namely: the coefficient of absorption of solar radiation and AS emissivity – ε . TRP. In the operation of the spacecraft outer surface is exposed to cosmic radiation, which leads to an increase in the coefficient of As, the value of emissivity – ε , is resistant to cosmic radiation. Increasing the As will lead to an increase in temperature in its compartments. There are currently no reliable methods for assessing changes in TRP As the spacecraft, making it difficult to plan a SAS spacecraft. In this regard, the development of methods for assessing changes in the coefficient KA As TRP is an urgent problem [1, S14-16], [3, S123-126]. Терморегулирующие покрытия, оптические характеристики, космический аппарат.

Thermal control coating, optical properties, spacecraft.

В настоящее время срок активного существования (САС) космических аппаратов (КА) составляет 10 лет, что значительно уступает требованиям, предъявляемым к современным КА которые должны находиться на орбите более 15 лет. Это снижает эффективность использования КА, в том числе и экономическую.

Одним из условий необходимых для повышения САС КА, является применение терморегулирующих покрытий (ТРП) обеспечивающие необходимый температурный диапазон в отсеках КА на протяжении всего срока эксплуатации КА на орбите.

На данный момент невозможно достоверно определить изменение температуры в отсеках КА и следовательно невозможно долгосрочное планирование САС КА, в процессе его эксплуатации. Это обусловлено отсутствием достоверных методов оценки изменения коэффициента поглощения солнечного излучения As ТРП КА.

ТРП наносятся на внешнюю поверхность космического аппарата и характеризуются следующими параметрам: коэффициентом поглощения солнечного излучения As и коэффициентом теплового излучения ε . As и ε определяют температуру внешней поверхности КА. При нахождение КА на орбите его внешняя поверхность подвержена воздействию факторов космического пространства (ФКП): УФ излучения солнца, заряженных частиц (протонов и электронов), воздействию собственной внешней атмосферы. Лабораторные и натурные эксперименты показали, что воздействие факторов космического пространства (ФКП) на ТРП приводит к увеличению коэффициента As. Коэффициент излучения – ε , напротив, является характеристикой консервативной к воздействию ФКП. Таким образом, основным показателем определяющим изменение температуры внешней поверхности КА в процессе его эксплуатации является изменение As. Увеличение As приведёт, возрастанию температуры внешней поверхности КА. и как следствие в его отсеках, что приведет к нарушению нормального

функционирования его элементов: агрегатов и оптоэлектронной аппаратуры. Нарушения нормального функционирования элементов КА является одним из факторов ограничивающих САС КА.

В связи с этим необходимо прогнозировать величину изменения коэффициента A_s ТРП в процессе эксплуатации КА. Существующие методы прогнозирования изменения коэффициента A_s в условиях эксплуатации имеют ряд недостатков и ограниченную область применимости в связи с использованием в них эмпирических зависимостей, полученных при обработке результатов испытаний конкретных материалов. В частности, эти методы неустойчивы к изменениям входных данных и приводят к большим погрешностям прогнозирования. Большая погрешность прогнозирования A_s , затрудняет достоверно запланировать САС КА. Ошибка в планировании САС КА приводит к значительным экономическим затратам.

Это обуславливает необходимость разработать комплекс физико-математических моделей, учитывающей физические процессы, влияющие на изменения коэффициента A_s ТРП, и построения на ее основе методов и методики надежного прогнозирования A_s ТРП в условиях эксплуатации КА.

Данные модели и методики должны:

1. Учесть разницу между реальными условиями воздействия на ТРП КА на орбите со спектром энергий заряженных частиц и монохроматическим воздействием потока частиц при имитационных воздействиях

$$\varphi_{\varphi}(E_0) = \frac{E_1}{E_0^g} \cdot \int_{E_0}^{E_2} \frac{d\varphi}{dz} \cdot dE \quad (1)$$

2. Определить физически обоснованное значение коэффициента ускоренности испытаний используемое при прогнозировании изменения коэффициента поглощения A_s ТРП поскольку при расчете коэффициента ускоренности должна быть доказана идентичность физических процессов происходящих в материале при рабочем и ускоренных режимах.

3. Учесть синергетический эффект (т.е. разницу между последовательным воздействием факторов космического пространства создающихся при имитации и комплексным воздействием)

4. Физически описать закономерности образования центров окраски в связующих – полимерных материалах.

5. Учесть несоответствие условий по вакууму между космосом и имитационными условиями.

6. Учесть влияние собственной внешней атмосферы КА.

7. Прогнозировать спектральное изменение A_d под воздействием ФКП [5,9,10]

ТРП нанесенные на внешнюю поверхность КА поддерживают определённый тепловой режим внешней поверхности КА. Данный режим обеспечива-

ется установлением баланса энергий: поглощаемой из окружающей среды и энергией излучаемой его поверхностью в окружающую среду. КА получает тепло как от внутренних источников: приборов, агрегатов, электроустановок, так и от внешних:

- от прямого солнечного излучения;
- от собственного излучения планеты;

-от энергии выделяющееся при столкновениями аппарата с молекулами газа верхних слоев атмосферы планеты. Значение теплового режима внешней поверхности КА определяется коэффициентом поглощения солнечного излучения A_s и коэффициентом излучения ε . Определяются следующим образом:

$$A_s = \frac{\int_{250\text{нм}}^{250\text{мкм}} \alpha(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int_{250\text{нм}}^{250\text{мкм}} S(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{\int_{2,5\text{мкм}}^{40\text{мкм}} \varepsilon(\lambda) \cdot I_0(\lambda) d\lambda}{\int_{2,5\text{мкм}}^{40\text{мкм}} I_0(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

Где $S(\lambda)$ – спектральное распределение энергетической освещенности Солнца рис 1; $\alpha(\lambda)$ - спектральный коэффициент поглощения ТРП.

$\varepsilon(\lambda)$ – спектральный коэффициента излучения, $I_0(\lambda)$ – спектральная интенсивность излучения для абсолютно черного тела

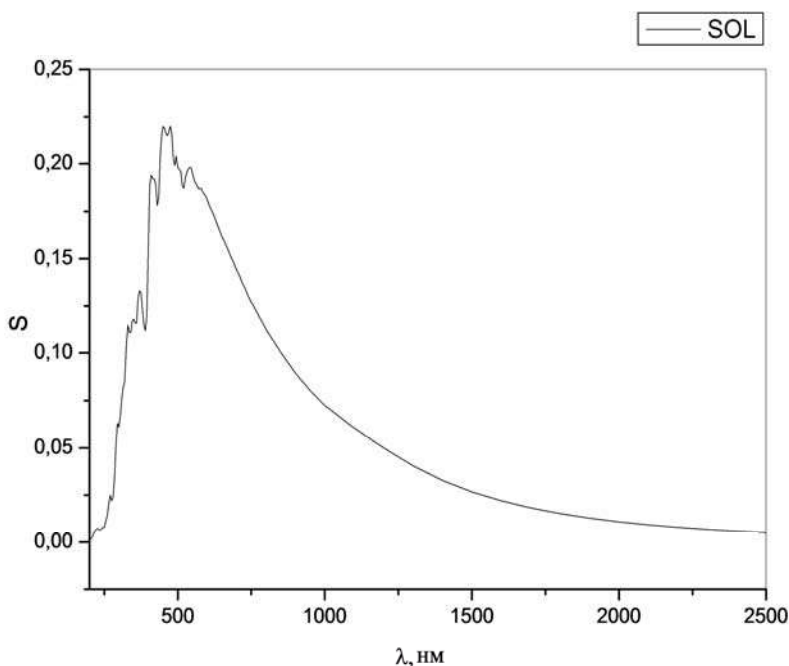


Рисунок 1 – Спектральное распределение энергетической освещенности Солнца

Для КА можно записать следующие уравнение теплового баланса:

$$S_0 \cdot F_m \cdot As + Q_{зем} \cdot F_m \cdot \varepsilon + Q_{отр} \cdot F_m \cdot As = \varepsilon \cdot c_0 \cdot F \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (4),$$

где F_m проекция поверхности КА на плоскость, перпендикулярную солнечным лучам, c_0 – Коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, S_0 – солнечная постоянная, $Q_{отр}$ – солнечная энергия отражения от планеты $Q_{зем}$ – солнечная энергия, отраженная от земли.

Для случая поверхности КА в виде сферы получим: значение температуры его поверхности будет определяться как

$$T = 100 \sqrt[4]{\frac{1}{4 \cdot c_0} \left(S_0 \cdot \frac{As}{\varepsilon} + Q_{отр} \cdot \frac{As}{\varepsilon} + Q_{зем} \right)} \quad (5)$$

В процессе эксплуатации внешняя поверхность космического аппарата подвержена воздействиям УФ излучения солнца, заряженных частиц (протонов и электронов), воздействию собственной внешней атмосферы рисунок 1,2 [4, с.627-629]. В результате этих воздействий происходит увеличение коэффициента поглощения солнечного излучения As , что приведет к повышению температуры внешней поверхности КА. На рисунке 3 представлены спектры отражения ТРП ЭКОМ1 до и после имитационного воздействия ФКП и проведен пересчет по эквивалентному получаемому потоку при нахождение КА на орбите.

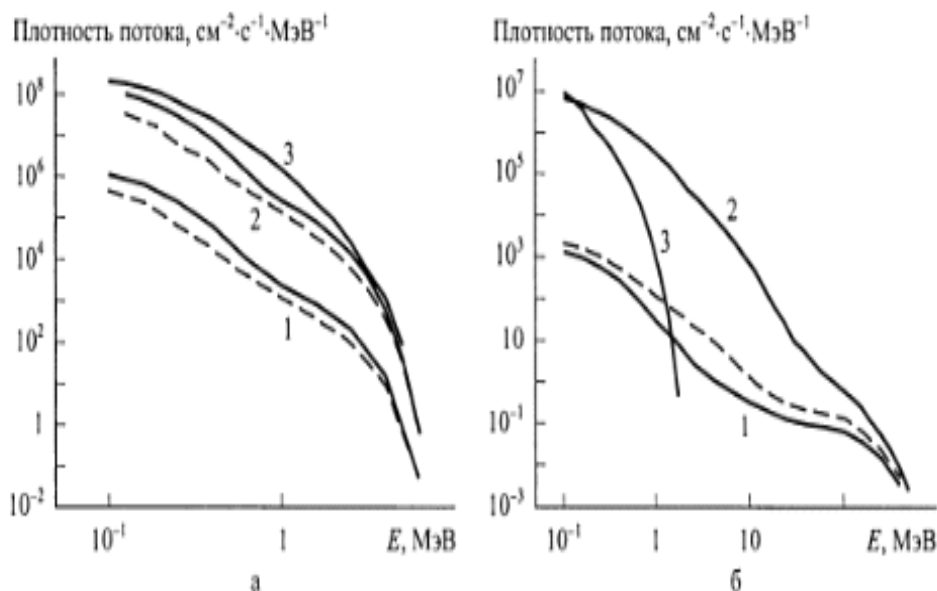


Рисунок 2 – Дифференциальные энергетические спектры плотности потока элект-

тронов (а) и протонов (б) РПЗ на орбитах в годы максимума (сплошные линии) и минимума (пунктирные линии) солнечной активности. Орбиты: 1-МКС; 2-ВЭО; 3-ГСО

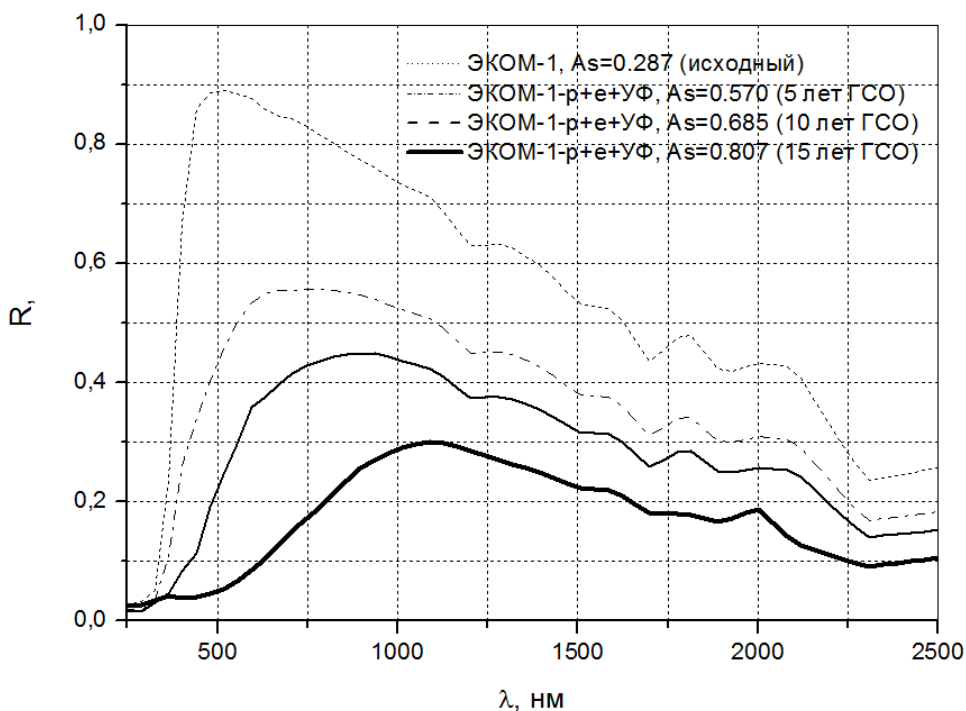


Рисунок 3 – Спектры нормально-полусферического коэффициента отражения ТРП ЭКОМ-1 при различных уровнях комплексного воздействию ФКП, соответствующих нахождению на орбите в течение 0, 5, 10 и 15 лет

Для эмалей ТРП ЭКОМ 1, имеющих начальное значение $A_s=0,28$ и $\varepsilon=0,93$, отношение A_s/ε окажется равным $0,31$. При полете к планетам, где значение солнечной постоянной достигает 3200 Вт/м^2 , начальная температура внешней поверхности КА составит 273 К (0°C). Данные по оценке температуры внешней поверхности КА приведены в таблице 1, а температура внешней поверхности к 15 годам нахождения на орбите оставит 67°C . Блоки КА, как правило, требуют нормальных условий работы (давление $0,1 \text{ МПа}$; температура $0\dots 40^\circ\text{C}$). Таким образом, из таблицы 1 видно, что к 10 году нахождения КА на орбите температура внешней поверхности возрастет до недопустимого уровня, однако данная методика прогнозирования в связи с материалом изложенном выше не является достоверной и нуждается в уточнении.

Таблица 1 – Зависимость температуры внешней поверхности космического аппарата от его времени нахождения на орбите

Значение A_s/ ε ТРП ЭКОМ 1	Значение температуры внешней поверхности КА, °С	Время нахождения КА на орбите, лет
0,310	0	0
0,613	36	5
0,737	57	10
0,868	67	15

По своей химической природе ТРП представляют продукты, изготовленные на основе полимерных соединений, и поэтому механизм их взаимодействия с излучением определяется теми же процессами радиолитического разложения, что и у других полимерных материалов. В процессе радиолитического разложения полимерной основы лакокрасочных материалов ковалентные связи в макромолекулах ее разрываются, что и обуславливает изменение структуры и свойств покрытий. На радиационную стойкость лакокрасочных покрытий основное влияние оказывает состав лакокрасочных материалов. Определяющим при этом является химический состав компонентов, отдельные функциональные группы которых могут либо ускорять, либо замедлять процесс радиолитического разложения, играя при этом роль сенсибилизирующих или антирадиационных добавок. Наиболее существенным фактором, определяющим радиационную стойкость покрытий, является природа пленкообразующего вещества. Хотя ориентировочно можно предполагать, что лакокрасочные покрытия ведут себя также как и соответствующие полимеры в блоке. Как известно изменение свойств лакокрасочных покрытий находится в непосредственной зависимости от структурных преобразований полимерной основы при взаимодействии эксплуатационных факторов. Установлено что длина молекулярной цепи пленкообразующего полимера определяет многие технические свойства лакокрасочного покрытия.

При разработке модели прогнозирования [6 С.38] необходимо руководствоваться блок схемой, представленной на рисунке 4.

Блок 1. Рассматривается степень воздействия ФКП на различные участки КА.

Блок 2. Рассматриваются условия работы ТРП на орбите: значение радиационной обстановки, температурных и вакуумных условий. Под радиационной обстановкой.

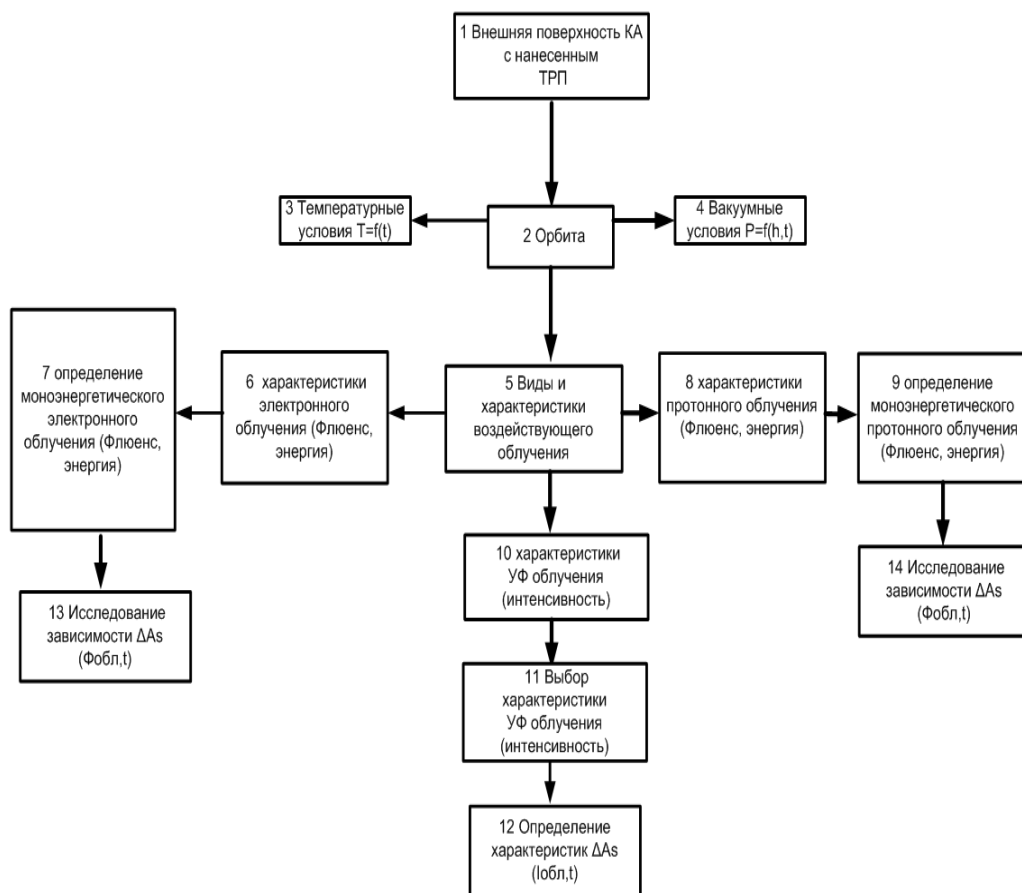


Рисунок 4 – Схема испытаний и прогнозирования оптической деградации ТРП

Понимается спектры заряженных частиц электромагнитного излучения Солнца, состав и температуры плазмы, время и последовательность их действия.

Блок 3. Рассматриваются температурные условия работы ТРП на орбите. Температурные условия работы ТРП можно считать независимыми от высоты полета КА на высотах свыше 150-200 км ($P=10^{-5}$), так как условия теплопередачи на таких орбитах одинаковы.

Блок 4. Рассматриваются вакуумные условия. Вакуумные условия работы ТРП изменяются как по высоте, так и по времени в общем случае справедлива зависимость $P=f(h,t)$.

Блок 5. Рассматриваются условия облучения ТРП. Известно, что на различных орбитах действуют различные заряженные частицы и плазма. В околоземном пространстве действуют ионосферная плазма, в зоне радиационных поясов Земли и в прилегающих областях, определяемых влиянием магнитного поля Земли, сосредоточены электроны и протоны широких спектров энергий.

Блоки 6, 8. Определяются спектры заряженных частиц для конкретной орбиты

Блоки 7, 9. Осуществляется перевод из дифференциального спектра за-

ряженных частиц космического пространства в моноэнергетический поток создающейся в имитационной установке при испытаниях

Блок 10, 11. Рассматривают условия облучения ЭМИ Солнца. Основная часть энергии заключена в интервале (200-2500) нм с максимумом на 470 нм. Материалы внешних поверхностей КА находятся периодически под действием ЭМИ и в тени, то интенсивность излучения зависит от времени, определяющий угол расположения конкретной поверхности КА к направлению квантов излучения.

Блок 12, 13, 14. Рассматривают зависимость изменения коэффициента поглощения ТРП КА от облучения электронами, протонами, УФ [5, С26-32].

Таким образом, для решения задачи по оценки изменения As, необходимо разработать физическо-математическую модель позволяющую установить связь между величиной воздействия ФКП и изменения As в процессе нахождения КА на орбите. Установление этой связи требует статистического анализа имеющейся информации по воздействию ФКП на изменения As ТРП различных классов и проведения теоретических и экспериментальных исследований для более адекватного описания изменения As под воздействием ФКП [7 с. 85].

Литература

1. Под редакцией Лукаса Дж. Теплообмен и тепловые режимы космических аппаратов [Текст] // Москва, Издательство Мир. – 1974 г. – С. 10-15.
2. Гушин, В. Н. Основы устройства Космических аппаратов [Текст] / В. Н. Гушин // Москва, Машиностроение. – 2003 г. – С. 191-207.
3. Гуревич, М. М., Ицко, Э. Ф., Середенко, М. М. Оптические свойства лакокрасочных покрытий [Текст] / М. М. Гуревич, Э. Ф. Ицко, М. М. Середенко // Санкт-Петербург. – 2010 – С. 123-128.
4. Под редакцией профессора Новикова Л.С. Модель космоса. Воздействие космической среды на материалы и оборудования космических аппаратов [Текст] // Москва.– С. 644-647.
5. Михайлов, М. М. Схема долгосрочного прогнозирования оптической деградации терморегулирующих покрытий космических аппаратов [Текст] / М. М. Михайлов // Перспективные материалы. –2000. – № 2. – С.26-36.
6. Иванова, О. Е. Использование диагностики инновационного рейтинга в управление затратами промышленных предприятий [Текст] / О. Е. Иванова // Вопросы региональной экономики. – № 4 (17). – 2013 г. – С. 32-38.
7. Строителей, В. Н., Жидкова, Е. Н. Математическое моделирование экономических процессов [Текст] / В. Н. Строителей, Е. Н. Жидкова // Вопросы региональной экономики. – № 2 (19). – 2014. – С. 84-91.
8. Яковлева, И. Н. Подходы, модели и методы стратегического управления на промышленных предприятиях [Текст] / И. Н. Яковлева // Вопросы региональной экономики. – № 2 (19). – 2014. – С. 123-127.

-
9. Yuge Han, Wei Ma, Yimin Xuan * Theoretical investigation on degradation behaviors of spectral properties of thermal control coatings induced by charged particles [Text] journal Applied Surface Science 2013, 282 363-369.
 10. Chirov Effect of Thin Condensate Films of a Metal Working Fluid of an Electric Propulsion Engine on the Integral Optical Coefficients of a Spacecraft's Thermal [Text] Control Coating ISSN 0010-9525, Cosmic Research, 2014, Vol. 52, №. 3, pp. 235-243.