

Журнал зарегистрирован в
Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания и
средствам массовой комму-
никации

Свидетельство о регист-
рации

ПИ № ФС77-57975

от 28 апреля 2014 г.

ISSN 2409-1650

Главный редактор
Вокин
Григорий
Григорьевич

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

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

При перепечатке любых ма-
териалов ссылка на журнал
«Информационно-
технологический» обяза-
тельна

Редакция не несет ответствен-
ности за достоверность инфор-
мации в материалах, в том чис-
ле рекламных, предоставлен-
ных авторами для публикации

Материалы авторам не возвра-
щаются

Подписано в печать
25.09.2014

Отпечатано
в типографии ООО «РПК
«Фирменный стиль»
141068, Московская область,
г. Королев, ул. Горького 12а
Тираж 300 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

Т.С. Аббасова, А.Э. Аббасов

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЦИР-
КУЛЯЦИЕЙ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИ-
ЛЯ.....**13

В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров

**АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛИНИЙ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ СПУТНИКОВОЙ
СВЯЗИ.....**13

А.Б. Бахур

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ АВТО-
НОМНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....**20

С.И. Журавлев

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРАВ-
ЛЕННОСТИ САМОФАЗИРУЮЩИХСЯ АНТЕННЫХ
РЕШЕТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВ ФАЗОВОЙ
АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ.....**28

В.Г. Исаев, М.Д. Озерский

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕН-
НЫХ МНОГОРАЗОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ....**34

И.В. Пегачева

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАКЕТНО-
КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.
ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ КАК ОПТИМАЛЬНЫЙ МЕ-
ТОД ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА.....**44

С.Е. Сабо, Н.В. Волков, А.Д. Донской, Е.Д. Штрафина

**ИМИТАЦИЯ ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ
НА ЭРОЗИЮ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.
ИМИТАЦИЯ ЭРОЗИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕ-
РИАЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОСМИЧЕСКОЙ РА-
ДИАЦИИ.....**50

А.Д. Селецкий, Е.А. Хуртин

**ВНЕДРЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНОЛО-
ГИИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕ-
ЛЕНИЙ МЧС РФ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИЩЕННЫХ
ТЕРМИНАЛОВ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ.....**58

Н.П. Сидорова, Н.В. Логачева, В.Ю. Добродеев

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНО-
ГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....**64

В.Н. Соляной, Е.Д. Амежнова

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕ-
ТОДА CVSS (COMMON VULNERABILITY SCORING
SYSTEM).....**75

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

В.Н. Соляной, А.И. Сухотерин, Ф.А. Успенский
**НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГО-
ТОВКЕ ПРОФЕССИОНАЛОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НА БАЗЕ ГБОУ ВПО МО «ФИНАНСО-
ВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ».....81**

В.Н. Соляной, А.И. Сухотерин, М.А. Федоров
**ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СКРЫТЫХ ДЕСТРУК-
ТИВНЫХ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ОБЪЕКТЫ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....86**

В.Н. Строителев, Е.Д. Штрафина, Е.А. Жидкова
**ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПО
СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....95**

УДК 629.7

Разработка методики 3D-моделирования оборудования системы управления рециркуляцией выхлопных газов автомобиля

Т.С. Аббасова, к.т.н., доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область,

А.Э. Аббасов, студент,

Московский государственный машиностроительный университет
«Московский автомеханический институт», МГМУ «МАМИ», г. Москва

На основе анализа характеристик визуализации обоснован выбор программных средств и проведено 3D-моделирование компонентов системы управления рециркуляцией отработавших газов для автомобиля Калина-2; для упрощения процесса проектирования и расчета конструктивных особенностей шагового электродвигателя с постоянными магнитами, обеспечивающего функционирование клапана рециркуляции, предложено конвертирование 3D-модели, созданной в среде Компас-3D, в модель Maxwell (2D, 3D) для расчета переходных электромагнитных процессов.

Системный анализ, виртуальное пространство, моделирование шагового электродвигателя.

Development of method 3D-simulation equipment control systems for recirculation petrol internal combustion engines

T. Abbasov, Ph.D., Associate Professor,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,

A. Abbasov, student,

Moscow State Engineering University
«Moscow Institute for Automotive», MGPU «MAMI», Moscow

On the basis of analyzing the characteristics chosen are visualization software and 3D- modeling conducted control system components EGR car Kalina-2; to simplify the design and analysis of structural features of the stepper motor with permanent magnets , ensures the functioning of the EGR valve , it is proposed to convert 3D- model created in the environment Compass -3D, a model of Maxwell (2D, 3D) for the calculation of transient electromagnetic processes.

System analysis, virtual space, modeling the stepper motor.

Актуальность темы

Моделирование – основа системного анализа. Применение современных технологий визуализации информации для моделирования позволяет рассматривать объекты исследования на любом уровне сложности. Модели объектов сложных технических систем, в том числе относящихся к машиностроению, обычно имеют высокую детализацию.

В связи с переходом в отечественном машиностроении на стандарт Euro-4 и ужесточением норм по выбросам в атмосферу вредных веществ необходимо совершенствование управления оборудованием систем снижения токсичности. Повышение точности расчетов магнитных систем электрических аппаратов [1] для обеспечения норм по выбросам в атмосферу вредных веществ и сокращение сроков разработки оборудования для систем снижения токсичности с помощью средств визуализации и конвертирования [2] из одной среды компьютерного моделирования в другую среду актуально с точки зрения теории и практики.

Постановка задачи

Проанализировать характеристики визуализации и выбрать программные средства для 3D-моделирования оборудования системы снижения токсичности для автомоби-

лей, в состав которой входит клапан рециркуляции отработавших газов.

Разработать схему процесса обработки информации при управлении бензиновым двигателем внутреннего сгорания с клапаном рециркуляцией отработавших газов.

Провести моделирование оборудования системы управления рециркуляцией в среде Компас-3D.

Разработать способы упрощения расчета параметров системы управления рециркуляцией.

Анализ характеристик визуализации и выбор программных средств для построения 3D-образов

Визуализация является существенной частью процесса численного моделирования, обеспечивающей анализ и правильную интерпретацию результатов вычислений, а также дальнейшую работу с вычислительной моделью. Можно выделить три основных аспекта в проектировании и разработке систем компьютерной визуализации:

1) средства компьютерной графики для создания, хранения, обработки и вывода изображений с помощью ПК,

2) инженерный подход к разработке (эксплуатации) программного обеспечения визуализации, общего для многих приложений,

3) восприятие и интерпретация визуальных образов пользователем системы.

С помощью визуализации данных можно выполнить следующие задачи:

- процесс получения изображения по данным с помощью компьютерной программы;

- наглядное представление больших массивов числовой и другой информации, которое представляется возможным благодаря использованию компьютерной графики;

- быстрый и эффективный анализ информации;

- сокращение размерности данных при крупномасштабном эксперименте;

- презентация полученных результатов.

В таблице 1 приведена классификация данных, с которыми могут работать средства визуализации [3,4].

Таблица 1 – Классификация данных для визуального анализа

Тип данных	Примеры данных
одномерные данные	одномерные массивы, временные ряды
двумерные данные	точки двумерных графиков, географические координаты
многомерные данные	результаты экспериментов, данные в специализированном научном или техническом формате (CEOS, HDF и т.п.), данные в формате CAD программ для 3D-моделирования (*.frw, *.cdw, *.m3d, *.dwg, *.easm, *.xls и др.), стандартные графические файлы (BMP, TIFF и др.), финансовые показатели
тексты и гипертексты	газетные статьи, веб-документы
иерархические и связанные	структура подчинённости в организации, электронная переписка людей, гиперссылки документов
алгоритмы и программы	информационные потоки, отладочные операции

Для визуализации типов данных, перечисленных в таблице 1, применяются следующие методы визуализации: стандартные 2D/3D-образы – линейные графики, гистограммы; геометрические преобразования – диаграмма разброса данных, параллельные координаты; отображение иконок – линейчатые фигуры (needle icons) и звёзды (star icons); методы, ориентированные на пикселы – рекурсивные шаблоны, циклические сег-

менты; визуализация веб-документов; иерархические образы – древовидные карты и наложение измерений. CAD-программы (от англ. computer-aided design/drafting – средства автоматизированного проектирования, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации) осуществляют все перечисленные методы визуализации. Наиболее распространены CAD-программы: Компас-3D, Pro/ENGINEER, CorelDRAW, AutoCAD, SolidWorks, Microsoft Excel. Формат обмена данными между CAD программами: igs.

Для размера данных меньше 200 Гб обычно применяется построение графиков и диаграмм (Excel, Matlab, Matcad), построение поверхностей (Matlab, Excel). Для размера данных больше 200 Гб (многомерные данные, сложная, неоднородная структура данных; данные получены в результате моделирования на многопроцессорном комплексе), используются специализированные системы визуализации. Очень широко такие системы применяются для автомобилестроения (Autodesk Alias Automotive 2014). На рисунке 1 приведен пример визуализации гоночных характеристик автомобилей в системе.

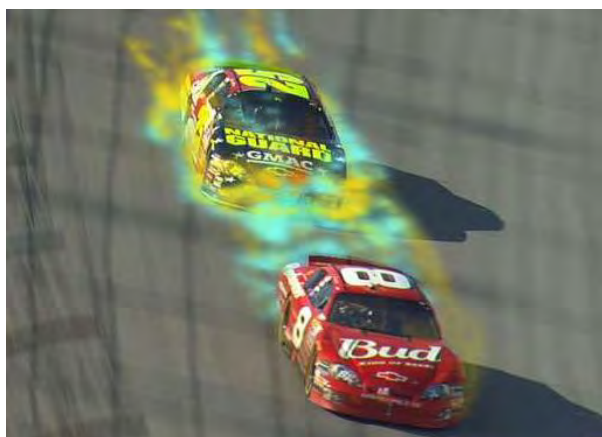


Рисунок 1 – Создание реалистичных презентаций с помощью специализированных систем визуализации

После того как модель объекта эксплуатации (дизайнерская модель) разработана и утверждена, проектные данные в цифровом формате можно использовать в дальнейших расчетах на этапе конструкторских работ.

Визуализация осуществляется на основе следующих компьютерных методов обработки информации:

- 1) срез (сечение) детали;
- 2) метод проекции для отображения значений на срезе (сечении) детали;
- 3) различные цвета (псевдо раскраска) для присвоения различных значений функции в диапазоне (цвета могут быть интерполированы между исходными значениями);
- 4) несколько срезов (сечений);
- 5) регион интереса (выделение элемента модели);
- 6) построение изоповерхностей (простая поверхность, поверхность в комбинации со срезами).

Недорогой пакет программ Компас-3D, стоимость которого по сравнению со стоимостью других программ для моделирования приведена в таблице 2, включает сред-

ства, позволяющие пользователю создавать разного рода чертежи и описания к ним, а также позволяет осуществить перечисленные методы визуализации.

Моделирование изделий в Компас-3D можно вести, используя готовые компоненты («снизу вверх»), проектируя компоненты в контексте конструкции («сверху вниз»), опираясь на компоновочный эскиз (например, кинематическую схему), а также смешанным способом. Обеспечивается легкая модификация получаемых моделей.

К недостаткам Компас-3D можно отнести следующие: нет кинематического, прочностного, температурного, частотного анализа, отсутствует возможность расчета электрических параметров и эргономических характеристик. Однако большое количество конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД на машиностроительных предприятиях (предприятиях автомобилестроения, космических корпорациях и научно-производственных объединений) создано в программе Компас-3D.

Таблица 2 – Стоимость программного обеспечения для 3D-моделирования

Название пакета программ для 3D-моделирования	Компания-производитель	Стоимость, Euro
SolidWorks	SolidWorks	5500
SolidWorks Professional		6900
SolidWorks Premium		9100
Autodesk Inventor Professional Commercial New NLM EN	Autodesk	5590
Inventor Professional Commercial New SLM EN		4470
Inventor Suite Commercial New SLM		3190
Kompas-3D	Ascon	1900
T-Flex 3D	TopSystem	2300

Большими функциональными возможностями по проектированию и созданию фотореалистичного изображения обладают более дорогие программы, например, SolidWorks. Но и в случае применения более дорогих пакетов необходим выбор дополнительной программной среды для передачи геометрии изделий во внешние расчетные пакеты или в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). В случае моделирования системы управления рециркуляции с электромеханическим клапаном, шаговым электродвигателем и электроприводом, который приводит в движение клапан, целесообразно выбрать программную среду Maxwell компания Ansoft для расчета параметров вращающихся электрических машин. Использование в среде Maxwell моделей, созданных в среде Компас-3D, позволит ускорить процесс проектирования и упростить процесс моделирования. В среде Компас-3D задается только форма объекта, а в среде Maxwell (2D, 3D) задаются параметры материалов, направления магнитных линий, рассчитываются параметры электрооборудования [4,5].

Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса должно развиваться с учетом новых технологий моделирования [6,7]. Общие случаи решения задач геометрического моделирования, к которым относится большинство инженерных задач, требуют применения современных методов 3D компьютерного моделирования, особенно в сочетании с программными средствами

Построение 3D-образов оборудования системы управления рециркуляцией

В настоящее время большое внимание уделяется экологическим требованиям к автомобилю и его двигателю, так как из общего количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, большая часть приходится на автомобильный транспорт (60%). Наиболее токсичными компонентами отработавших газов бензиновых двигателей явля-

ются: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_nH_m), а в случае применения этилированного бензина – свинец.

Проблемы экологии привели созданию системы рециркуляции отработавших газов EGR, основной задачей которой является снижение токсичности выхлопа посредством возвращения части отработавших газов из выпускного во впускной коллектор. Такой газоотвод снижает температуру сгорания топливо-воздушной смеси в цилиндрах, что собственно и приводит к уменьшению количества оксида азота NO_x в выхлопных газах. Плата за такое изменение: уменьшение мощности двигателя; уменьшение ресурса сажевого фильтра; требовательность к качеству топлива (по содержанию серы). Поэтому необходимо регулировать положение клапана рециркуляции таким образом, чтобы повысить качества топлива и минимизировать потери мощности двигателя. Электромеханический клапан рециркуляции имеет несколько положений для регулирования, он наиболее перспективен для управления рециркуляцией по сравнению с вакуумным клапаном рециркуляции (имеет только два положения – открыт и закрыт) и по сравнению с электромагнитным клапаном (имеет несколько положений для регулирования, но надежность ниже, чем у электромеханического клапана).

В автомобилях ведущих фирм-производителей (Mitsubishi – GDI, Nissan – NEO DI; Renault – IDE; Alfa Romeo – JTS и др.) применяется система непосредственного впрыска топлива – инжекторная система подачи топлива для бензиновых двигателей внутреннего сгорания. Форсунки расположены в головке блока цилиндров, впрыск топлива происходит непосредственно в цилиндры. В отличие от стандартной системы распыленного впрыска топлива, где впрыск производится во впускной коллектор, в инжекторной системе топливо подается под большим давлением в камеру сгорания каждого цилиндра.

Алгоритм управления электромеханическим клапаном рециркуляции, приведенный на рисунке 2, одинаков для различных конструкций двигателя различных машин.

Работа алгоритма зависит от трех условий:

1. оборотов двигателя,
2. температуры охлаждающей жидкости,
3. нагрузки на двигатель

Зависимость от оборотов двигателя заключается в том, что в пределах от 700-800 и до 1100-1200 включен холостой ход, температура сгорания газов не значительна, следовательно, образования оксидов азота нет, и необходимости в рециркуляции нет.

В пределах 4700 оборотов в минуту включается режим полного дросселя, т.е. дроссельная заслонка открыта на 100%, следовательно, от двигателя требуется максимальная мощность. Для обеспечения максимальной мощности необходима богатая топливная смесь, а это противоречит системе рециркуляции, где при ее включении блок управления двигателем реализует программу «бедной смеси».

Зависимость включения системы рециркуляции от температуры находится в определенном диапазоне, в котором двигатель считается прогретым, это от 45 – 60 градусов Цельсия и выше. Обоснованием включения системы является повышение температуры сгорания в цилиндрах двигателя, что приводит к образованию оксидов азота.

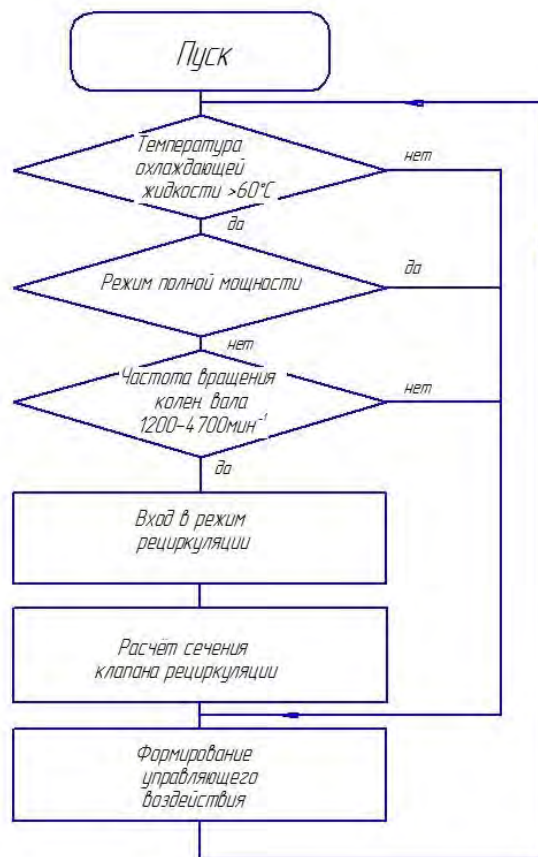


Рисунок 2 – Алгоритм управления рециркуляцией отработавших газов

Зависимость от нагрузки на двигатель фактически определяется абсолютным значением массового расхода воздуха. Максимальное открытие клапана будет достигнуто при максимальных оборотах и максимальной нагрузке в режиме рециркуляции, т.е. 4600 - 4700 оборотов в минуту и 100% открытой дроссельной заслонки (рисунок 3).



Рисунок 3 – Положение клапана EGR

Для иллюстрации алгоритма управления рециркуляцией в среде Компас-3D соз-

даны модели модулей системы управления рециркуляцией: электромеханического клапана EGR, электропривода и датчика положения ротора электропривода (рисунок 4).

Перемещение клапана осуществляется путем закрепленного водила 7 (рисунок 3), вращающегося вокруг оси клапана 1 по обойме водила 4, водило 7 закреплено с помощью ограничительных колец 5 так, что перемещение водила вдоль клапана отсутствует, а вращение осуществляется без рывков и перекосов. Так же втулка 2 обеспечивает равномерный, без перекосов и заеданий, ход клапана 1. Перемещение водила 7 по обойме водила 4 осуществляется с помощью подшипников 6, пропитанных высокотемпературной смазкой (графитной). Уплотнение газовое 8 служит для предотвращения поступления отработанных газов в атмосферу.

Вращение водила 7 осуществляется вилкой 29, которая жестко закреплена на роторе 17. Вращение ротора 17 осуществляется поперечным магнитным потоком, который возникает в результате прохождения по обмотке 23 тока определенной величины, зависящей от величины необходимости открытия клапана. Четырех полюсной постоянный магнит 18 приклеен к ротору 17. Плавное вращение ротору обеспечивают подшипник скольжения 27 и подшипник качения 20. Два магнитопровода 21 и 22 с полюсами образуют два замкнутых магнитных потока на этих полюсах. При подключении обмотки к напряжению, по ней начинает течь ток, который усиливает магнитный поток центрального магнитопровода 22, в результате чего ротор приходит в движение. После отключения напряжения обратное вращение ротора 17 в исходное положение осуществляется за счет пружины 13.

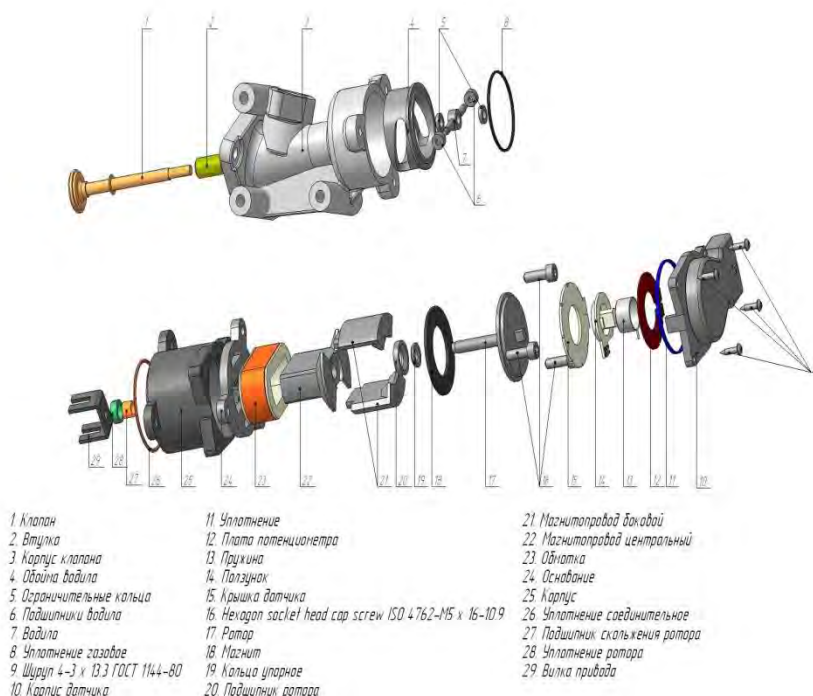


Рисунок 4 – 3D-образы электромеханического клапана EGR, электропривода и датчика положения ротора электропривода

Ползунок 14 жестко закреплен на роторе 17. При повороте ротора ползунок перемещается по плате потенциометра 12. На плате имеется две дорожки, одна резистивная, другая нет. На ползунке установлена перемычка, с помощью которой происходит замыкание дорожек. Значение сопротивления равно повороту ротора снимается с не резистивной дорожки.

Передача геометрии 3D-образов во внешний расчетный пакет

Шаговый электродвигатель с постоянными магнитами осуществляет функции исполнительного механизма для открытия-закрытия клапана рециркуляции отработавших газов. Обмотка возбуждения шагового электродвигателя является магнитопроводом и создает магнитное поле. При проектировании необходимо провести расчет параметров магнитного поля шагового электродвигателя.

Для построения 3D-образа клапана рециркуляции (рисунок 6) выбран способ «снизу вверх», то есть сначала созданы по очереди все модели деталей, составляющих клапан рециркуляции, после этого произведена сборка.

Принцип открытия клапана рециркуляции основан на вращательно поступательном движении. Электропривод, сборка которого с электромеханическим клапаном приведена на рисунке 7, с помощью вилки поворачивает водило, которое скользит по прорезям в обойме, и в результате клапан имеет поступательное движение.

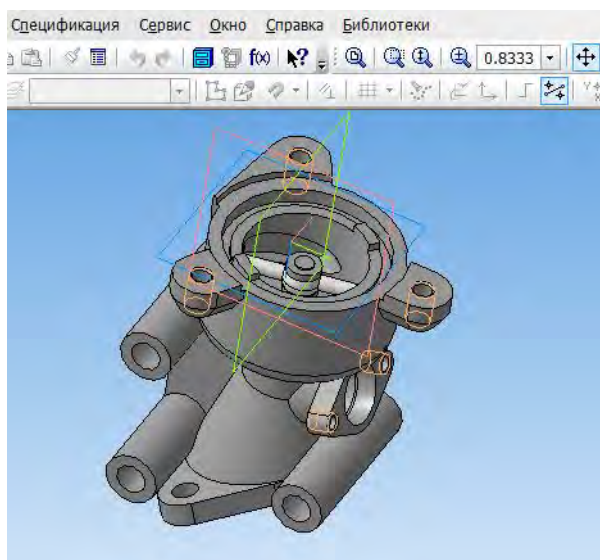


Рисунок 6 – 3D-образ клапана рециркуляции в сборке

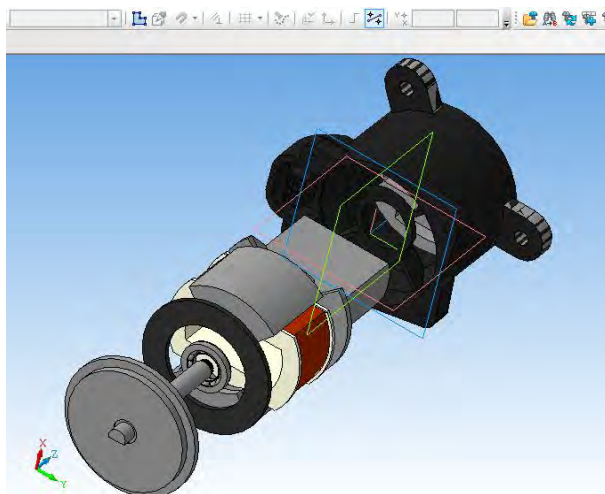


Рисунок 7 – 3D-образ сборки электропривода для электромеханического клапана EGR

Конвертирование модели шагового электродвигателя и электропривода для клапана рециркуляции из среды Компас-3D в среду Maxwell (3D, 2D) включает не только прорисовку геометрии данных компонентов системы управления рециркуляцией, но и создание полноценной модели с типом задачи – переходной процесс с вращательным движением [6...8]. В среде Компас-3D задается только форма объекта, а в среде Maxwell (2D, 3D) задаются параметры материалов, направления магнитных линий, рассчитываются параметры электрооборудования системы управления рециркуляцией. Моделирование можно провести не только для оборудования системы управления рециркуляцией автомобиля Калина-2, но и любого другого автомобиля, задав соответствующие этому автомобилю параметры.

Результаты моделирования шагового электродвигателя и электропривода в программе Maxwell используются для получения расчётных зависимостей магнитного момента системы от времени, тока управления от времени и угла поворота от времени, а также управляющей зависимости тока управления от угла поворота. Получив данную зависимость, можно выделить несколько точек, например, $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 70^\circ$, и получить значение тока управления для открытия на заданный угол. Полученная характеристика управления электроприводом записывается в элемент управления.

Определение на стадии проектирования особенностей эксплуатации объекта с помощью средств визуализации и конвертирования из одной среды компьютерного моделирования в другую среду, позволяет повысить точность расчетов и сократить сроки исследования и разработки различных устройств машиностроительной промышленности, в том числе космического и оборонного машиностроения [9...12], а также каналов связи между этими устройствами [13...15].

Выводы:

Основу разработанной методики 3D-моделирования составляет информационная модель устройства с точки зрения визуализации исходных данных, формируемая специализированным графическим 3D-интерфейсом. На основе информационной 3D-модели, отражающей массогабаритные показатели устройства, формируется его математическая модель в программной среде, задаются параметры материалов, направления магнитных линий, проводится расчёт параметров переходных электромагнитных процессов. Вычис-

ляются зависимости магнитного момента системы от времени, тока управления от времени и угла поворота от времени, а также управляющая зависимость тока управления от угла поворота. Для моделирования выбрана среда Компас-3D, для расчета параметров вращающихся электрических машин – среда Maxwell. Конвертирование из одной среды компьютерного моделирования в другую упрощает формирование математической модели, а также вывод результатов и принятие решений на их основе при определении эксплуатационных характеристик на стадии проектирования различного оборудования и устройств машиностроительных отраслей.

Литература

1. Буль, О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов / [Текст] О. Б. Буль // М.: Академия. – 2005. – 351 с.
2. Даринцев, О. В. Человеко-машинный интерфейс поддержки микросборочных процессов на основе виртуальных технологий [Текст] / О. В. Даринцев, А. Б. Мигранов // Информационные технологии. – 2007. – №3. – С. 30 – 36.
3. Аббасова, Т. С. Методы интерактивного анализа данных в телекоммуникационных системах [Текст] / Т. С. Аббасова, Д. М. Двоглазов, Т. Ю. Гузнаев // Сб. тр. международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании»: Финансово-Технологическая Академия. – Королев: ФТА. – 2013.
4. Аббасов, А. Э. Разработка и исследование 2D и 3D-моделей при проектировании системы управления рециркуляцией автомобиля [Текст] / А. Э. Аббасов, Т. С. Аббасова // Сб. тр. 10-ой Международной научно-практической конференции «Прикладные научные разработки – 2014» / Publishing House «Education and Science» s.r.o. – Чехия, Прага: ФТА. – 2014.
5. Аббасов, А. Э. Визуализация и анализ информации при построении 3D-моделей данных для микропроцессорной системы управления [Текст] / А. Э. Аббасов, Т. С. Аббасова // Сб. тр. 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.
6. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Журнал «Промышленный сервис». – 2009. – №4(33). – С.3-10.
7. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: учебное пособие [Текст] / Грибунт И. Э., Ларионова А. А., Артюшенко В. М., Виноградов М. В., Поворина Е. В. – Москва, 2008.
8. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Сервис информационных систем при аварийном планировании [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Научный журнал. Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2010. – №4. – С. 68-74.
9. Артюшенко, В. М. Сбор и обработка виброакустических процессов на борту ракетно-космической техники [Текст] / В. М. Артюшенко, В. А. Бекетов, С. В. Кузьмин, А. Ю. Майданов, А. П. Мороз, В. В. Привалов // Приволжский научный вестник.
10. Вокин, Г. Г. Космические услуги: особенности инфраструктурного обеспечения и потребления [Текст] / Г. Г. Вокин, Л. Г. Азаренко // Сервис в России и за рубежом, № 4(23) – 2011.
11. Меньшиков, В. А. Оптимальный иерархический контроль технических параметров космических аппаратов [Текст] / В. А. Меньшиков, В. Б. Рудаков, В. Н. Сычев // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2010. № 2. С. 15 – 19.
12. Артюшенко, В. М. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и ракетно-космической техники [Текст] / В. М. Артюшенко, Н. А. Васильев, Т. С. Аббасова // Сб. тр. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании»: Финансово-Технологическая Академия. – Королев: ФТА. – 2013.
13. 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. Белоченко, Н. А. Васильев, В. Н. Зиновьев, Ю. В. Стеналюк, Г. Г. Вокин, К. Л. Самаров, М. Е. Ставровский, С. П. Посеренин, И. М. Разумовский, В. Ю. Фоминский. Монография / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко. – Королев, ГБОУ ВПО ФТА, 2014. – 318 с.
14. Аббасова, Т. С. Методы инсталляции и проектирования электрических кабельных линий в 10-гигабитных системах связи [Текст] / Т. С. Аббасова, В. М. Артюшенко // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. – №2, т.5. – С. 10 – 18.
15. Артюшенко, В. М. Расчет и проектирование мультисервисных кабельных систем в условиях мешающих электромагнитных воздействий: учебное пособие [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова – Королев, ГБОУ ВПО ФТА, 2012. – 262 с.

Анализ энергетических характеристик линий корпоративной сети спутниковой связи

В.М. Артюшенко, д.т.н., профессор,

Б.А. Кучеров, аспирант,

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

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с осуществлением анализ статистических и динамических характеристик линий корпоративной сети спутниковой связи. Исследования динамических характеристик изменения случайных факторов показало, что скорость их изменения существенно ниже возможной скорости передачи управляющей информации, поэтому большую часть факторов можно учесть при организации системы регулирования параметров.

Корпоративные сети спутниковой связи, помехозащищенность, земная станция, космический аппарат.

Analysis of the energy characteristics of lines corporate satellite communication network

V.M. Artyushenko, Doctor of Engineering Science, professor,

B.A. Kuchеров, post-graduate student,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

Issues related to the implementation of statistical analysis and dynamic characteristics of lines corporate satellite communication network are considered. Research the dynamic characteristics change random factors showed that the rate of change is significantly lower possible transmission rate control information, so most of the factors can be taken into account in the organization of the control system parameters.

Corporate satellite communication network, noise immunity, ground station, spacecraft.

Современные тенденции развития средств телекоммуникаций характеризуются все возрастающим использованием корпоративных систем спутниковой связи (КССС). Этому способствует такие преимущества КССС, как возможность передать высококачественную информацию в любую точку земного шара; гибкость сети по отношению к изменению ее конфигурации; независимость затрат на канал от расстояния; незначительное влияние атмосферы и особенностей окружающей местности на устойчивость приема и т.д. [2–5].

Анализ обобщенных требований к КССС показывает, что для их решения наиболее приемлема сеть с многостанционным доступом к спутниковому ретранслятору (РТР) работающая в режиме с кодовым разделением (КР) сигналов с широкополосными сигналами (ШПС), позволяющая реализовать принцип «каждый с каждым». При такой организации не требуется анализа занятости частот, автоматически регулируется число работающих в полосе станций, обеспечивается требуемый уровень помехозащищенности, шифрация сообщений и уменьшается вредное воздействие на рядом расположенные станции. Кодовое разделение каналов совместимо с частотным разделением (ЧР) дает возможность использовать одновременно и кодовое и частотное разделение, то есть многостанционный доступ с частотно-кодовым разделением (МД ЧКР). Однако при всей своей привлекательности, МД ЧКР с использованием ШПС проигрывает по энергетике МД ВР. Поэтому для повышения эффективности использования ретранслятора при МД ЧКР с ШПС необходимо применять методы регулирования мощности и скорости пере-

дачи земной станции (ЗС).

Анализ полученных в работе [5] выражений для расчета помехозащищенности (ПЗ) и скорости передачи информации показывает, что в них входят величины, изменяющиеся с течением времени. Изменения эти могут быть как случайными, так и детерминированными. В общем случае закон распределения случайных процессов не известен, поэтому проведем их приближенные оценки.

Для осуществления такой оценки выделим из общего выражения, полученного в [5],

$$\rho_{п.вн.1} = [A - \rho_{п.вн.2} - \rho_{ст.2} - (P_{ртр} - P_c)/\mathcal{E}_{з-с} - \rho_3 B(\mathcal{E}_{с-з}/P_c)] \times \\ \times [(\mathcal{E}_{с-з}/P_c) + 1 + \rho_3(\mathcal{E}_{с-з}/P_c)]^{-1} - \rho_{ст.1} - (P_c/\mathcal{E}_{з-с}), \quad (1)$$

для допустимого отношения мощностей внешней помехи на входе ретранслятора (РТР), попадающей в спектр сигнала, и сигнала в зависимости от требуемого качества приема, определяемого параметром $h_{зс}$ и остальных параметров линии спутниковой связи постоянные и переменные величины. Здесь: $A = (\mathcal{E}_{с-з}/h_{зс}V_c)\gamma$; $B = \rho_{п.вн.2} + \rho_{ст.2} + (P_{ртр} - P_c)/\mathcal{E}_{з-с} + \gamma$; $h_{зс}$ – качество приема дискретных широкополосных сигналов наземным приемником при условии малой нестабильности несущей частоты; $\rho_{п.вн.1}$, $\rho_{п.вн.2}$ – соответственно, превышение внешней помехи, попадающей в спектр сигнала, над сигналом земной станции на входе РТР и действующей вне полосы частот сигнала; $\mathcal{E}_{з-с}$, $\mathcal{E}_{с-з}$ – соответственно, энергетический параметр участка Земля – спутник и спутник – Земля; $\rho_{ст.1}$, $\rho_{ст.2}$ – соответственно, отношение суммы мощностей сигналов станций, работающих в одной полосе частот с рассматриваемой станцией, к мощности сигнала этой же станции и работающих вне полосы частот; P_c , $P_{ртр}$ – соответственно, полоса частот сигнала и ретранслятора; ρ_3 – превышение внешней помехи на входе приемника ЗС над сигналом РТР; V_c – скорость передачи информационных символов в бодах; γ – влияние нелинейности борта.

Во-первых, не постоянно затухание сигнала как на линии вверх $l_{з-с}$ (Земля-спутник), так и на линии вниз – $l_{с-з}$ (спутник – Земля). Данные затухания включают в себя усиление передающей $G_{пер}$ и приемной $G_{прм}$ антенн, затухание в свободном пространстве l_o и дополнительные потери Δl из-за различных факторов.

Взяв логарифм обеих частей выражений для затухания, представим их в виде суммы логарифмов отдельных составляющих:

$$10\log l_{з-с} = 10\log G_{пер.ЗС} + 10\log G_{прм.РТР} + 10\log l_{о.ЗС-РТР} + \\ + 10\log \Delta l_{ЗС-РТР} \quad (2)$$

– логарифм затухания на линии Земля – спутник;

$$10\log l_{с-з} = 10\log G_{пер.РТР} + 10\log G_{прм.ЗС} + 10\log l_{о.РТР-ЗС} + \\ + 10\log \Delta l_{РТР-ЗС} \quad (3)$$

– логарифм затухания участка спутник – Земля.

Здесь: $G_{пер.ЗС}$, $G_{пер.РТР}$ – соответственно, усиление передающей антенны ЗС и РТР; $G_{прм.ЗС}$, $G_{прм.РТР}$ – соответственно, усиление приемной антенны земной станции и ретранслятора; $l_{о.ЗС-РТР}$, $l_{о.РТР-ЗС}$ – соответственно, затухание в свободном пространстве на участке ЗС-РТР и РТР-ЗС; $\Delta l_{ЗС-РТР}$, $\Delta l_{РТР-ЗС}$ – соответственно, дополнительные потери Δl из-за различных факторов на участке ЗС-РТР и РТР-ЗС.

Усиления антенн в (2) и в (3) будем считать постоянными величинами. Затухания в свободном пространстве $l_{о.ЗС-РТР}$ и $l_{о.РТР-ЗС}$ являются, в общем случае, функциями времени, так как при движении спутника по орбите изменяется расстояние до него $R(t)$.

Известно, что затухание в свободном пространстве вычисляется по формуле [10]: $l_o(t) = 16\pi^2 R(t)^2 / \lambda^2$, (4)

где: λ – длина волны.

Величина и скорость изменения наклонной дальности до спутника (4) существ-

венно зависит от типа и высоты орбиты спутника. Зная изменения расстояния от центра земли до РТР, его широты и долготы со временем $R_c(t)$, $\varphi_c(t)$, $\lambda_c(t)$, наклонную дальность можно рассчитать по формуле [6]:

$$R(t) = \{R_c^2(t) + R_{3c}^2(t) - 2R_c(t)R_{3c}\cos\varphi_c(t)\cos\varphi_{3c}(t)\cos[\lambda_c(t) - \lambda_{3c}] - 2R_{3c}R_c(t)\sin\varphi_c(t)\sin\varphi_{3c}(t)\}^{0.5}, \quad (5)$$

где: $R_{3c}(t)$, $\varphi_{3c}(t)$, $\lambda_{3c}(t)$ – соответствующие координаты ЗС, которые также могут быть функциями времени для подвижных земных станций.

Изменения текущей широты и долготы спутника зависят от значений истинной аномалии f и угла наклона орбиты к экваториальной плоскости Земли i [6]:

$$\varphi_c(t) = \arcsin(-\cos f \cos i); \quad (6)$$

$$\lambda_c(t) = \lambda_{3c} - \omega_3 t + \pi - \arctg(-\operatorname{tg} f \sec i), \quad (7)$$

где $\omega_3 = 0,25$ град/мин – угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси.

Для круговой орбиты $f = \omega_c t$, а $R_c = R_{3c} + h$, где ω_c – угловая скорость вращения спутника; h – высота орбиты над поверхностью Земли. Если орбита круговая и экваториальная, то $i = \pi/2$.

Для стационарной орбиты изменения расстояния до спутника будут наименьшими и их можно рассчитать из (5) по формуле [8]:

$$R(t) = R_{cp} + A_i \sin(2\pi t/T_{cc}), \quad (8)$$

где R_{cp} – среднее расстояние, t – текущее время; T_{cc} – длительность сидерических суток.

Диапазон изменения расстояния A_i в (8) зависит от координат ЗС. Данную величину можно рассчитать по приведенным выше уравнениям (5) или определить по графику, представленному в [8]. Если не использовать систему регулирования, то дальность можно считать случайной величиной для корреспондентов, начинающих связь в случайные моменты времени. Скорость изменения расстояния вычисляется как производная по времени от расстояния между спутником и ЗС.

В таблице 1 с использованием формулы (5) представлены результаты расчета некоторых параметров орбит низколетящих спутников в зависимости от высоты орбиты.

Таблица 1 – Параметры орбит низколетящих спутников

Высота орбиты, км	560	600	700	1000	1675
Период обращения, ч. мин	1.35	1.36	1.39	1.45	1.59
Число оборотов в сутки	15	14,9	14,6	13,7	12
Орбитальная скорость, км/с	7,583	7,56	7,508	7,35	7,04
Максимальная дальность радиовидимости при $\delta = 50$	2465	2575	2837	3542	4867
Дальность по Земле до подспутниковой точки, км	773	808	892	1116	1538
Время пролета зоны обслуживания, с	112	118	132	176	276

Минимальное и максимальное время запаздывания сигналов можно рассчитать по формулам [10]:

$$t_{\min} = 2h/c, \quad t_{\max} = (2h/c)[1 + 2(R_{3c}/h)]^{0.5}. \quad (9)$$

Максимально возможное запаздывание будет тогда, когда для обеих станций спутник находится на горизонте. Для станций, работающих через стационарный спутник согласно формулам (9) время запаздывание не превышает 0,3 с.

Кроме постоянных изменений, обусловленных движением спутника по орбите, могут быть и случайные изменения дальности под воздействием притяжения Луны, Солнца, из-за смещения орбиты и других факторов. Частично, эти факторы можно учесть, однако в силу большого расстояния до спутника случайные изменения дальности

являются, по сравнению с детерминированной составляющей движения, незначительными по величине. Поэтому в последующих расчетах случайные факторы изменения дальности учитывать не будем.

Дополнительные потери при распространении Δl в выражениях (2), (3) могут возникать из-за поглощения энергии волны атмосферой, в частности, при прохождении тропосферы и ионосферы, из-за гидрометеоров (воде, граде, снеге, тумане), из-за рассогласования поляризации антенн, из-за неточности их наведения и др.

В целом логарифм дополнительных потерь можно представить в виде суммы большого числа случайных величин и на основании закона больших чисел предположить, что величины $10\log\Delta l_{\text{ЗС-РТР}}$ и $10\log\Delta l_{\text{РТР-ЗС}}$ распределены по нормальному закону. Известно, что нормальный закон распределения характеризуется двумя параметрами – математическим ожиданием и дисперсией.

Для нахождения этих параметров надо знать законы распределения составляющих величин выражения. Однако эти распределения являются неизвестными. Поэтому, согласно [7] предположим, что логарифмы всех случайных величин, входящих в анализируемые соотношения, распределены равномерно в интервале значений от минимального $l_{\min}$, до максимального $l_{\max}$.

Среднее значение случайной величины, распределенной равномерно, находится по формуле: $\bar{l} = 0,5(l_{\max} + l_{\min})$, а дисперсию как $D = (l_{\max} - l_{\min})^2/12$.

При прохождении радиоволн в тропосфере их энергия ослабляется за счет поглощения и рассеяния. Кроме того, в тропосфере происходит искривление пути распространения радиоволн, что приводит к ошибке наведения антенн и, следовательно, к дополнительным потерям. Потери в тропосфере, вызванные поглощением кислорода и воды, в диапазоне 0,1–10 ГГц находятся в пределах 0,07–3 дБ и почти постоянны. Величина потерь существенно зависит от угла подъема антенны, т.е. от величины пути, проходимого радиоволнами через тропосферу. Если не использовать систему регулирования, то поглощение в атмосфере можно считать случайной величиной.

При использовании системы регулирования потери в тропосфере можно в диапазоне 0,1–10 ГГц достаточно точно описать функцией времени, уменьшив случайный фактор [1]:

$$l_T = 0,07 + 2,93\exp[-0,51\delta(t)], \text{ дБ,}$$

где: $\delta(t)$ – угол подъема антенны над поверхностью Земли, изменяющийся в процессе пролета спутника, град.

На более высоких частотах потери в тропосфере могут возрасти до 20 и более дБ [9].

Имеются экспериментальные данные по измерению дополнительных потерь в атмосфере в диапазоне 11–14,5 ГГц, приведенные ниже в таблице 2 [10].

Таблица 2 – Дополнительное затухание в атмосфере в зависимости от угла возвышения приемной антенны

δ^0	5	10	15	20	25	30	35	40
$l_{\text{дон}} 99\%$	6,1	4,2	2,9	2,2	1,9	1,6	1,5	1,4
$l_{\text{дон}} 99,9\%$	13,0	8,7	6,6	5,7	5,1	4,8	4,5	4,4

Таким образом, потери в тропосфере носят, в основном, детерминированный характер и в большей части предсказуемы. Скорость изменения потерь незначительна по сравнению со скоростью распространения волны. Для учета постоянных потерь необходимо закладывать соответствующий энергетический запас. Изменения же потерь со временем могут быть отслежены системой регулирования.

Наибольшее ослабление радиоволны испытывают в гидрометеорах, к которым относят дождь, град, снег, туман. Поглощение сигнала, вызванное дождем, в диапазоне частот 4–6 ГГц составляет около 0,5 дБ. В этом же диапазоне поглощение туманом не превышает 1 дБ. С ростом частоты затухание радиоволн в гидрометеорах существенно возрастает. Однако длительность дождя, скорость изменения его интенсивности существенно меньше скорости распространения волны и соответственно времени прохождения волной расстояния от ЗС до РТР, поэтому данный фактор может быть отслежен системой регулирования. Быстрые же случайные изменения затухания незначительны.

Поляризационные потери определяются, в основном, конструкцией антенн. Скорость изменения их большая. Максимальные потери при линейной поляризации на РТР и круговой на ЗС составляют 3 дБ. Потери, обусловленные формой диаграммы направленности земной антенны, находятся в пределах от 0 до 0,1 дБ.

Величина потерь от неточного наведения антенны на РТР зависит от скорости перемещения спутника относительно станции. По функции распределения угловой скорости можно оценить статистические характеристики величины потерь. Расчеты потерь от неточности наведения по программе без учета рефракции показывают, что если система обеспечивает ошибку наведения $0,3\varphi^{0,5}$, при максимальной угловой скорости 1град/с то в течение 99,9% времени случайная ошибка наведения приведет к потерям не более 0,1 дБ. При наведении по сигналу потери будут еще меньше.

При работе станции в движении потери наведения могут возрасти до 1 дБ. Кроме того, в процессе движения могут встретиться препятствия искусственного происхождения, такие как лес, холм, городские и сельские застройки и т.д. В момент прохождения радиоволны через эти препятствия она испытывает значительное ослабление [10].

Результирующие расчеты математического ожидания и дисперсии дополнительных потерь показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Оценки математического ожидания и дисперсии дополнительных потерь

Диапазон частот	0,1 – 10 ГГц		20 – 40 ГГц	
	$\bar{I}$ дБ	D, дБ ²	$\bar{I}$ дБ	D, дБ ²
Статистические характеристики				
Поглощение в атмосфере	–1,535	0,715	–12,5	18,75
Затухание в гидрометеорах	–0,25	0,021	–27	176,3
Поляризационные потери	–0,05	$8,3 \times 10^{-4}$	–0,05	$8,3 \times 10^{-4}$
Потери наведения	–0,1	$8,3 \times 10^{-4}$	–0,1	$8,3 \times 10^{-4}$
Потери при прохождении кустарника	1,15	0,14	–	–
Потери в лесу	3	0,33	–	–
Потери из-за холма, земляного вала	24	0,33	–	–
Потери в городе	20	1,33	–	–
Потери в пригороде	10	1,33	–	–

Антенны ЗС и РТР кроме полезных сигналов принимают шумы и помехи различной природы – шумы Галактики, Солнца, планет, атмосферы, Земли и т.д. При узкой диаграмме направленности антенны (ДНА) вероятность попадания дискретных источников шумов в диаграмму направленности мала и их обычно не учитывают. Кроме того, данные шумы меньше шумов Галактики, составляющих 1–30 К.

Шумы Солнца значительно превышают шумы Галактики, особенно радиоизлучение возмущенного Солнца. Интенсивность радиоизлучения спокойного Солнца довольно постоянна во времени. Продолжительность возмущений изменяется от нескольких минут до нескольких дней и может быть отслежена системой регулирования. Наблюдаются также сильные всплески радиоизлучения, длительность которых составляет от нескольких минут до часа. При использовании больших приемных антенн попадание

Солнца в диаграмму направленности приводит к полному «ослепленю» приемной станции. Однако эти явления могут быть учтены при составлении программы вращения антенны в процессе слежения. В то же время сложнее учесть возможность попадания излучения Солнца в боковые лепестки ДНА.

Поверхность Земли излучает радишумы в основном постоянной интенсивности с эквивалентной температурой $T_3 = 290\text{К}$. Шумы Земли, попадающие на вход приемника, зависят от ДНА, телесного угла, под которым видна Земля для заданного угла места, и могут быть довольно точно рассчитаны. Ослабление шумов, принимаемых боковыми лепестками, может составлять 10–15 дБ, отсюда температура шума Земли может изменяться от 9 до 30К.

Наибольший вклад в шумовую составляющую вносят шумы атмосферы. Интенсивность этих шумов в значительной степени зависят от угла подъема приемной антенны, и может изменяться от 5–10К до 100–500К в зависимости от диапазона волн. При изменении угла подъема антенны в процессе слежения шумы будут функцией времени. Однако скорость изменения интенсивности шумов атмосферы соизмерима со скоростью изменения угла подъема антенны при слежении и, следовательно, интенсивность поддается регулированию.

В целом зависимость шумов от телесного угла Ω_β определяется выражением [1]:

$$T_{\text{вн}} = T_{\text{а.Гал}} + T_{\text{С}}(G_\beta/G_{\text{max}})(\Omega_{\text{С}}/\Omega_{\text{а}}) + T_3(\Omega_\beta/\Omega_{\text{а}}) + T_{\text{а.атм}} + T_3(G_\beta/G_{\text{max}})[(2\pi - \Omega_\beta)/\Omega_{\text{а}}],$$

где: $\Omega_\beta = (\varphi - \sin\varphi)\Omega_{\text{а}}/2\pi$; $\cos 0,5\varphi = 2\delta/\alpha$; α – плоский угол диаграммы направленности; $T_{\text{С}}$ – яркостная температура Солнца; G_β – усиление антенны в пределах бокового лепестка; G_{max} – максимальное усиление антенны в главном лепестке; $\Omega_{\text{С}}$ – телесный угол Солнца; $\Omega_{\text{а}}$ – телесный угол антенны; Ω_β – телесный угол, под которым видна Земля, для угла места δ .

При изменении телесного угла антенны температура внешних шумов становится функцией времени. При работе антенны с малым углом места существует опасность приема отраженной волны и, вследствие этого, флуктуации амплитуды. Глубина флуктуаций определяется шириной ДНА и величиной коэффициента отражения радиоволн от земной поверхности и может достигать 10% от амплитуды падающей волны. Данные флуктуации носят, в основном, чисто случайный характер и их чрезвычайно трудно отследить.

Внутренние шумы приемника являются чисто случайными и имеют постоянную интенсивность, зависящую, в основном, от шумовой температуры усилителя высокой частоты. Потому для снижения интенсивности используют малощумящие усилители с большим коэффициентом усиления. Параметрические усилители без охлаждения имеют температуру шума около 100К. При охлаждении до температуры жидкого азота шумовую температуру можно снизить до 20–40К.

Расчеты математического ожидания и дисперсии шумов для удобства использования, сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Математическое ожидание и дисперсия логарифма от температуры шума в различных диапазонах

Диапазон частот	0,1 – 10 ГГц		20 – 40 ГГц	
Статистич. характеристики шумов	$\bar{T}$, дБК	DT, дБК2	$\bar{T}$, дБ	DT, дБК2
Шумы Галактики	7,4	18	0	0
Шумы Атмосферы	13	33,3	18	8,3
Шумы Земли	12,5	2	7,5	2
Шумы параметрического усилителя	22,3	1,84	22,8	0,4

Таким образом, анализ случайных факторов в выражениях для расчета ПЗ, скорости передачи информации показывает, что при отсутствии системы регулирования необходимо иметь существенный энергетический запас мощности ЗС (в сантиметровом (СМВ) диапазоне до 3 дБВт, в миллиметровом (ММВ) диапазоне до 8–10 дБВт). Наличие такого энергетического запаса снижает энергетическую эффективность линий спутниковой связи. При случайном доступе к РТР станции с высокой энергетикой могут подавить в прямом стволе станции с низкой энергетикой или станции, работающей в худших условиях (дождь, снег и т.д.). Однако исследования динамических характеристик изменения случайных факторов показало, что скорость их изменения существенно ниже возможной скорости передачи управляющей информации, поэтому большую часть факторов можно учесть при организации системы регулирования параметров.

Литература

1. Bhargava, N. K. Digital Communication by Satellite [Text] / N. K. Bhargava, D. Haccoun // Modulation, Multiple Access and Coding. Jon Wiley and Sons, Inc., New York, NY, USA. – 1981.
2. Артюшенко, В. М. Анализ систем управления космическим летательным аппаратом [Текст] / В. М. Артюшенко, М. И. Видов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2011): сб. статей II Международной заочной научно-технической конференции. Тольятти, Изд-во ПВГУС. – 2011. – С. 18-29.
3. Артюшенко, В. М. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. № 3. – С. 59-66.
4. Артюшенко, В. М. Повышение эффективности оперативного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей I Международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1. Тольятти, Изд-во ПВГУС. – 2013. – С. 244-249.
5. Артюшенко, В. М. Современные направления развития корпоративных сетей спутниковой связи [Текст] / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, Б. А. Кучеров // Двойные технологии. – 2014. – № 3 (68). – С. 67-72.
6. Крейн, Р. К. Прогноз влияния осадков на спутниковые системы связи [Текст] Р. К. Крейн // ТИИЭР. – 1977. – Т. 65, № 3. – С. 210-216.
7. Левин, Б. Р. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления [Текст] / Б. Р. Левин, В. Шварц // М.: Радио и связь. – 1985. – 312 с.
8. Петрович, Н. Т. Космическая радиосвязь. Издание 2-е, переработанное и дополненное [Текст] / Под ред. Проф. Н. Т. Петровича / Н. Т. Петрович, Е. Ф. Камнев, М. В. Каблукова // М.: Советское радио. – 1979. – 280 с.
9. Фортушенко, А. Д. Основы технического проектирования систем связи через ИСЗ [Текст] / Под ред. ДТН, профессора А. Д. Фортушенко. / А. Д. Фортушенко и др. // – М.: Связь. – 1970. – 331 с.
10. Энергетические характеристики космических радиолиний [Текст]. Под ред. О. А. Зенкевича. – М.: Советское радио. – 1972. – 435 с.

Методический подход к обеспечению автономности космических аппаратов

А.Б. Бахур, к.т.н., начальник научно-образовательного центра,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область

Решение задачи автономности управления космическим аппаратом должно исходить из понимания того, что это качество является интегральным, т.е. определяющим и схему функционирования, и конструкцию космических аппаратов (КА). В силу этого оно должно стать определяющим в ходе проектирования космического аппарата. В настоящей статье дается описание методического подхода к проектированию космических аппаратов с высокой степенью автономности.

Автономность, космический аппарат, управление, проектирование, структурно-функциональная организация.

Methodical approach to ensure the autonomy of spacecrafts

A.B. Bakhur, Ph.D.,
head of the scientifically-educational center,
Moscow region state-financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

Solution to the problem of autonomy spacecraft control should proceed from the understanding that this quality is an integral, ie defining and functioning scheme and design of spacecraft. Because of this, it must be determined during the design of the spacecraft. This article describes the methodological approach to the design of the spacecraft with a high degree of autonomy.

Autonomy, spacecraft, management, engineering, structural and functional organization.

Обеспечение автономности является очевидной тенденцией в создании космических аппаратов. Вначале, когда целью был сам полет, было необходимо изучить само функционирование космического аппарата, управление им в полете. Это обуславливало частоту сеансов связи, размерность группы людей, осуществлявших управление полетом. Однако после того как проблемы и пути их решения были поняты, управление полетом стало приобретать черты рутинности. Это общая тенденция, характерная для всех видов техники, следствием развития которой стала автоматизация управления (к примеру, в автомобилях появились автоматические трансмиссии, вместо машинных кодов в программировании появились алгоритмические языки и т.п.). С этой тенденцией связано и то, что сами по себе космические аппараты стали использоваться в качестве инструментов для решения других задач. И, соответственно, стали появляться требования к снижению затрат на их эксплуатацию, которые во многом определяются затратами на управление.

Однако за очевидностью задачи перераспределения функций наземного и бортового управления, интеллектуализации последнего проявилось требование автономности полета космического аппарата. Даже простые прикидки показали, что связь космического аппарата с наземным управлением должна осуществляться не чаще раза в сутки. Но обеспечение автономности не сводится только к перераспределению функций управления между бортовым и наземным. В ходе полета постоянно возникает проблема достижения комплексного компромисса между:

- необходимостью обеспечения достаточного выбора возможностей для синтеза процесса функционирования космического аппарата и ограничением наличных энергетических и аппаратных ресурсов, используемых при этом;
- целенаправленностью функционирования и обеспечением работоспособного

функционального состояния;

- противоречивыми условиями использования различных возможностей управления.

Следует отдельно подчеркнуть, что при проектировании современных космических аппаратов на их массу, размеры и энергопотребление накладываются очень жесткие ограничения, что ограничивает и их функциональные возможности. Что, в свою очередь, ухудшает условия возможность достижения указанного компромисса.

Для космического аппарата автономность оказывается интегральным требованием, которое отражается и на его схеме функционирования, и на его конструкции и на программно-алгоритмическом обеспечении. Космический аппарат автономен уже потому, что для решения всех проблем, возникающих в ходе полета и обусловленных неопределенностью условий функционирования, он располагает только теми возможностями, которые заложены при его проектировании. Выйдя на орбиту, он остается только на той связи, по которой получает команды управления и сбрасывает телеметрию. Т.е. интеллектуализация бортового управления для минимизации состава сеансов связи представляет собой автоматизацию распоряжения теми возможностями, которые заложены в устройстве космического аппарата при проектировании.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что создание космических аппаратов с высокой степенью автономности требует соответствующего продумывания устройства и схемы функционирования космического аппарата и разработки алгоритмического обеспечения. Т.е. необходимо разработать соответствующие методические аспекты процесса проектирования.

Проектирование можно определить как формирование и отработку замысла вновь создаваемого изделия на модели (рис. 1.)

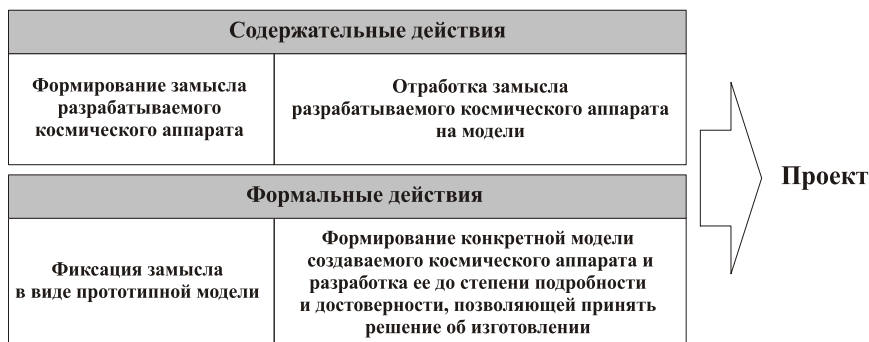


Рисунок 1 – Основные этапы методической схемы проектирования космических аппаратов

В сложившейся традиции проектирования, основанной на чертежно-графическом моделировании в качестве прототипа использовалось изделие-аналог. Таким был космический аппарат аналогичного назначения или космический аппарат, уже разработанный предприятием для других целей. Прототипная модель представляет собой чертежно-графическое отображение замысла вновь создаваемого изделия зафиксированного в виде конструктивно-компоновочной схемы. Но она характеризует только пространственно-геометрические решения устройства вновь создаваемого космического аппарата. По такому описанию можно только весьма опосредованно судить об обеспечении автономности. Недостаточность чертежно-графического моделирования для практики проектирования современных технических систем была отмечена в ряде публикаций [3-

7].

Очевидно, что прототипная модель в виде конструктивно-компоновочной схемы не обеспечивает поддержки при проектировании космического аппарата с высокой степенью автономности. Более того, в постановке задачи чертежно-графического моделирования не содержится предпосылок для решения этой задачи. Таким образом, создание автономных космических аппаратов требует существенного совершенствования методических подходов к их проектированию.

Постановка задачи моделирования, которая может быть использована в рассматриваемом случае, предложена в [2]. Ее сущность состоит в том, что проектируемый объект рассматривается как средство управления процессом достижения цели. Модель космического аппарата в этом случае характеризует его организационно-управленческое построение. Он описывается как сложноорганизованный контур управления, осуществляющий выбор «маршрута» достижения цели и распоряжения располагаемыми возможностями для реагирования на различные возмущения. При такой постановке задачи решение вопроса об автономности заключается в выборе построения (схемы структурно-функциональной организации), разработке алгоритмов управления выполнением конкретных функций и определением характеристик, которые необходимо заложить в аппаратуру и конструкцию космического аппарата.

В качестве прототипной модели может быть использовано описание схемы построения управления в биологическом организме [1]. Оно представлено на рисунке 2 в виде обобщенного инварианта. Такой выбор прототипной модели обусловлен тем, что организм может служить для нас образцом в разрешении комплексного противоречия, сформулированного в начале статьи.

На рисунке 2 представлены два совмещенных мотива в управлении: управление целенаправленным функционированием и управление функциональным состоянием. Это два взгляда на создаваемое изделие:

- внешний, когда мы рассматриваем его как единое целое, осуществляющее управляемое движение к цели (соответствующая составляющая схемы управления представлена на рисунке 2а);

- внутренний, когда мы отвлекаемся от его движения к цели и рассматриваем взаимодействие частей, обеспечивающее возможности для управляемого движения к цели (соответствующая составляющая схемы управления представлена на рисунке 2б).

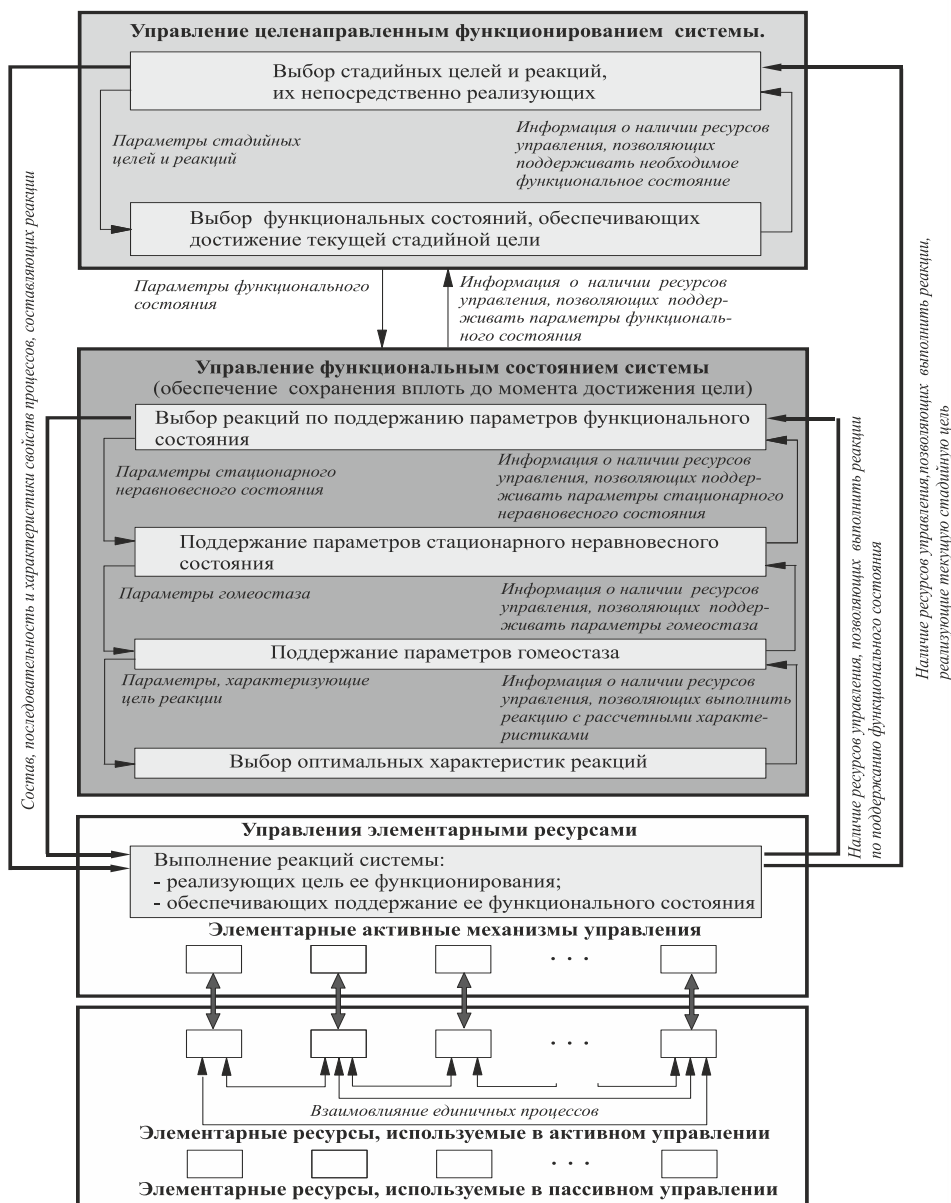


Рисунок 2 – Схема построения управления в биологическом организме

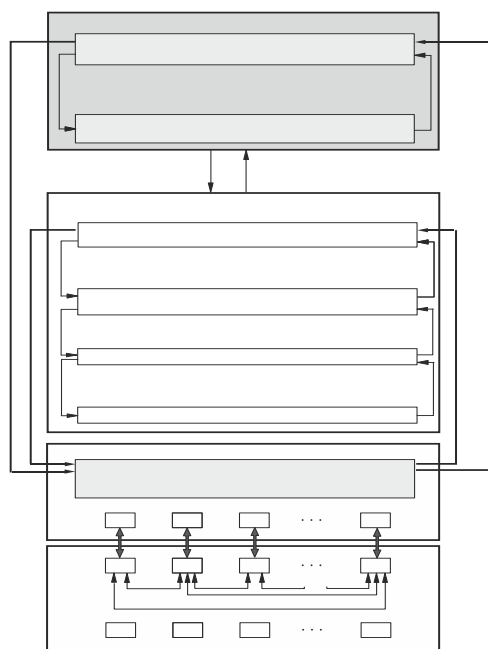


Рисунок 2а

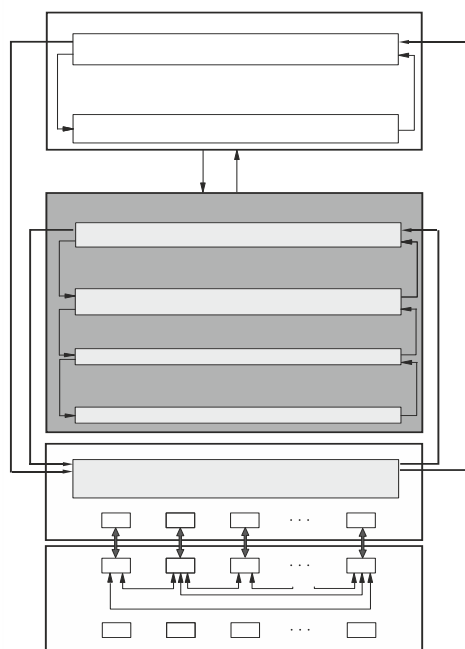


Рисунок 26

Для исследования «поведения» такого объекта необходима модельная конструкция, включающая в себя две системы координат: для внешнего и для внутреннего пространств (рис. 3).

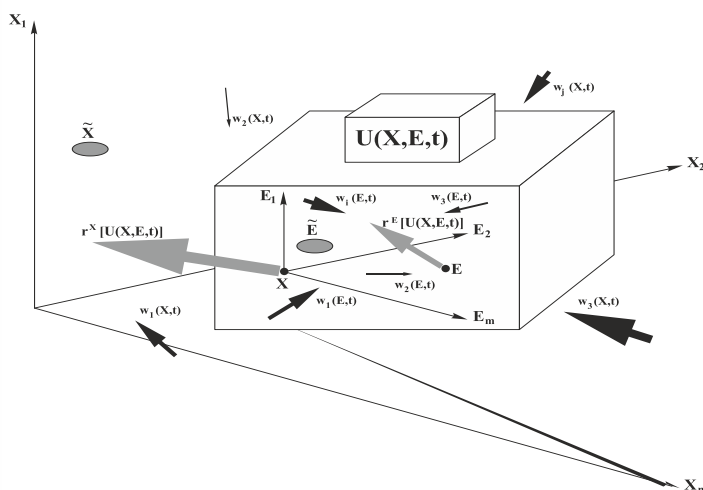


Рисунок 3 – Модельная конструкция с двумя системами координат

На этом рисунке применены следующие обозначения: X и E – отображающие точки в системах координат для внешнего и внутреннего пространств, $\tilde{X}$ и $\tilde{E}$ – целевые области в пространствах внешних и внутренних координат,

$w_1(X,t), \dots, w_j(X,t), w_1(E,t), \dots, w_i(E,t)$ – воздействия, оказывающие влияние на моделируемый объект и несущие в себе неопределенность, $U(X,E,t)$ – управление, формируемое объектом для достижения цели в условиях неопределенности, $r^X[U(X,E,t)]$, $r^E[U(X,E,t)]$ – функции, проявляемые объектом во «внешнем» и «внутреннем» пространствах

В пространстве внешних координат X точкой отображается движение организма к цели $\tilde{X}$. В этом пространстве моделируемый объект рассматривается как целое образование. Направление этого движения осуществляется за счет проявления функций $r^X[U(X,E,t)]$. На управляемое движение оказывают влияние воздействия внешней среды $w_1(X,t), \dots, w_j(X,t)$.

В пространстве внутренних координат точкой отображается движение объекта к заданному функциональному состоянию $\tilde{E}$. В этом пространстве моделируемый объект представляется как состоящий из частей. Направление этого движения осуществляется за счет проявления функций $r^E[U(X,E,t)]$. На управляемое движение оказывают влияние воздействия $w_1(E,t), \dots, w_i(E,t)$.

Отсюда очевидно отношение между этими частями модели. С одной стороны $\tilde{X}$ и текущее положение отображающей точки в пространстве внешних координат является фактором, задающим $\tilde{E}$. С другой стороны текущее положение отображающей точки в пространстве внешних координат ограничивает возможные траектории движения к цели в пространстве внешних координат.

Цель в пространстве внешних координат определяется назначением проектируемого объекта. А вот цель в пространстве внутренних координат уже является предметом компромисса. С одной стороны, как желаемое, она определяется исходя из тех функциональных возможностей, которые необходимы для достижения цели в пространстве «внешних» координат. С другой стороны ее желаемое значение может оказаться недостижимым на основе располагаемых функциональных возможностей. Т.е. полученная модельная конструкция позволяет описывать противоречие между тем, что требуется и тем, что имеется – располагаемыми функциональными возможностями. А значит, она позволяет находить компромисс между ними.

Полученной модельной конструкции соответствует следующий вид математической записи

$$\begin{aligned}
 F_X(X) - F_X(\tilde{X}) &= 0 \\
 \frac{dF_X}{dt} &= f_F^X[w(X,t); r(U(X,E,t))] \\
 \frac{dX_1}{dt} &= f_1^X[w(X,t); r(U(X,E,t))] \\
 \frac{dX_2}{dt} &= f_2^X[w(X,t); r(U(X,E,t))] \\
 &\dots \\
 \frac{dX_n}{dt} &= f_n^X[w(X,t); r(U(X,E,t))]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$F_E(E) - F_E(\tilde{E}) = 0, \text{ где } \tilde{E} = f_U[X - \tilde{X}, w(X, t), w(E, t)]$$

$$\frac{dF_E}{dt} = f_F^E[w(E, t); r(U(X, E, t))]$$

$$\frac{dE_1}{dt} = f_1^E[w(E, t); r(U(X, E, t))]$$

$$\frac{dE_2}{dt} = f_2^E[w(E, t); r(U(X, E, t))]$$

...

$$\frac{dE_m}{dt} = f_m^E[w(E, t); r(U(X, E, t))]$$

Здесь F_X, F_E – целевые функции в пространствах внешних и внутренних координат, $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ – радиус-вектор, отображающий положение объекта в пространстве внешних координат, $E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ – радиус-вектор, отображающий положение объекта в пространстве внутренних координат, n и m – размерности этих пространств, $\tilde{X}, \tilde{E}$ – координаты, характеризующие достигаемую точку или область в пространствах внешних и внутренних координат соответственно, $w(X, t), w(E, t)$ – факторы хода событий, оказывающие возмущающее воздействие на объект в пространствах внешних и внутренних координат соответственно, $r(U(X, E, t))$ – множество функций объекта, t – время. $f_F^X, f_F^Y, f_1^X, f_2^X, \dots, f_n^X, f_1^E, f_2^E, \dots, f_m^E, f_U$ – функции общего вида, конкретная запись которых определяется задачей моделирования.

Инвариантная модель, представленная на рисунке 2, представляет собой описание общего вида решения системы уравнений (1).

Представленный теоретический аппарат позволяет предложить схему проектирования космического аппарата с высокой степенью автономности.

Ее первым шагом будет проблемно-ориентированная интерпретация инвариантной модели (рис. 2.), в ходе которой формируется концептуальная модель проектируемого космического аппарата. При этом формулируется цель, ради которой осуществляется создание космического аппарата, показатели, характеризующие ее достижение, определяются состав и цели участков полета, показатели, характеризующие их достижение, цели управления функциональным состоянием, показатели, характеризующие их достижение. Степень проработки инвариантной модели (рис. 2.) обеспечивает поддержку всем этим действиям, предлагая обобщенные формулировки и требования. Разработка целевой организации позволяет перейти к формированию действенной организации, которая представляет собой комплекс реакций, обуславливающих выполнение целей, сформулированных ранее. При этом не только обозначается состав реакций, но и разрабатывается их аналитическая схема, на основании чего определяется состав элементарных функций.

Разработка концептуальной модели космического аппарата становится основанием для формирования математической модели, которая будет проходить испытания в составе системы дифференциальных уравнений (1). Именно по результатам этих испытаний будет формироваться заключение о том, насколько автономным будет проектируемый космический аппарат.

Следует отметить, что результаты проектирования на основе рассмотренного методического подхода, будут исходными данными для разработок в рамках традиционной чертежно-графической модели, на основе которой будет осуществляться изготовление космического аппарата. При этом будут проводиться испытания модели космического аппарата в системе уравнений (1), носящие проверочный характер, и позволяющие контролировать выполнение требования автономности.

Литература

1. Бахур, А. Б. Организационно-управленческое моделирование организма и его приложения, Lampert Academic Publishing, Saarbruken. – 2013.
2. Бахур, А. Б. Постановка задачи проектирования как создания управления процессом функционирования / Сборник трудов Международной конференции CAD/CAM/PDM-2004 – М.: ИПУ, 2004.
3. Дворянkin, А. М., Половинкин, А. И., Соболев, А. Н. Методы синтеза технических решений [Текст] / А. М. Дворянkin, А. И. Половинкин, А. Н. Соболев // М.: Наука, 1977.
4. Джонс Дж. К. Методы проектирования. – М.: Мир. – 1986.
5. Новиков, Б. К. Основы теории принятия решений при проектировании / [Текст] Б. К. Новиков // М.: Из-во МГТУ. – 1992.
6. Ehrlenspiel, K. Kostengünstig Konstruieren. Springer, Berlin-Heidelberg, 1985.
7. Eversheim, W. Organization in der Produktionstechnik. Bd.2, VDI Verlag, Düsseldorf, 1990.

Статистические характеристики направленности самофазирующихся антенных решеток с применением устройств фазовой автоподстройки частоты

С.И. Журавлев, доцент, кандидат технических наук,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область

Приводится методика определения плотности вероятности фазы на выходе устройства фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и оценены статистические характеристики направленности самофазирующейся антенной решетки (СФАР) с применением устройства ФАПЧ.

Самофазирующиеся антенные решетки (СФАР), диаграмма направленности, закон распределение фазовых флуктуаций, фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ).

Directional characteristics of the self-phased antenna arrays with application of the phase self-tuning frequency devices

S.I. Guravlev, Ph.D., Associate Professor,
Moscow region state-financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

In this article have put the methods of determination the density of probability phase on out of the phase self-tuning frequency divices and it has assessed statistical directional parameters of the self-phased antenna arrays using of the phase self-tuning frequency divices.

Information security, information and analytical systems security, new educational technologies.

Среди антенных систем особый интерес вызывают самофазирующиеся антенные решетки (СФАР) с применением устройств фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Это объясняется обеспечением высокого отношения **сигнал/шум** на входе приемного устройства в широком диапазоне пространственных углов.

В нашей стране и за рубежом проводились исследования характеристик направленности таких антенн [1, 2, 3, 4]. Однако при этом не учитывалось влияние внутренних шумов антенной решетки на фазовую погрешность системы фазовой автоподстройки и, кроме того, закон распределения фазовых флуктуаций в каналах решетки принимался нормальным.

Оценим статистические характеристики направленности СФАР, образованной n идентичными, одинаково направленными антеннами, с учётом фазовых погрешностей устройств ФАПЧ и внутренних шумов решетки. При этом будем полагать шумы в каналах опорного и полезного сигналов гауссовыми.

Выражение средней диаграммы направленности по мощности такой антенны запишется в виде:

$$\overline{\Phi}(\theta, \varphi) = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \int_{\varphi_p} \int_{\varphi_q} f_p(\theta, \varphi) f_q(\theta, \varphi) e^{j(\varphi_p - \varphi_q)} W(\varphi_p, \varphi_q) d\varphi_p d\varphi_q, (1)$$

где $f_p(\theta, \varphi) f_q(\theta, \varphi)$ – амплитудные диаграммы направленности p -ого и q -ого эле-

ментов решетки соответственно,

φ_p, φ_q – погрешности фазы на выходе p -ого и q -ого элементов решетки соответственно,

$W(\varphi_p, \varphi_q)$ – совместный закон распределения случайных величин φ_p, φ_q .

Отсюда следует, что для определения средней диаграммы направленности $\mathbf{n}$ – элементной СФАР необходимо знать $\mathbf{n}$ – мерный закон распределения фазовых флуктуаций в каналах решетки.

Анализ существующих схем СФАР с применением устройств ФАПЧ показывают, что все они могут быть представлены единой схемой (рис. 1), законы распределения фазовых погрешностей в различных каналах которой можно считать независимыми. Поэтому оценка характеристик направленности рассматриваемой антенны фактически сводится к определению одномерного закона распределения фазовых флуктуаций на выходе устройства ФАПЧ в канале СФАР.

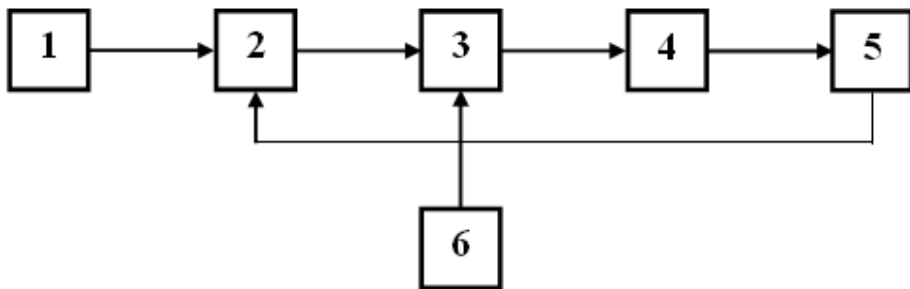


Рисунок 1 – Схема построения самофазирующейся антенной решетки

*1 – антенна, 2 – смеситель, 3 – фазовый детектор, 4 – фильтр,
5 – синхронизируемый генератор, 6 – опорный генератор*

Однако такая задача является достаточно сложной и в общем виде еще не решенной. Вместе с тем, известна методика определения закона распределения фазовых флуктуаций на выходе ФАПЧ для различных случаев соотношения между постоянной времени устройства ФАПЧ (T) и временем корреляции скорости изменения фазовых флуктуаций на его входе (τ').

Воспользуемся этой методикой для определения закона распределения фазовых флуктуаций на выходе ФАПЧ в канале рассматриваемой СФАР. Предварительно найдем уравнение фазы на выходе элемента антенной решетки относительно фазы опорного сигнала. При этом будем считать ФАПЧ четырехполюсником с коэффициентом передачи, равным 1, входящий в него фазовый детектор – линейным множителем и зависимость средней частоты синхронизируемого генератора от напряжения на входе реактивной лампы – линейной. Тогда в результате преобразований уравнение фазы полезного сигнала на выходе элемента СФАР относительно фазы опорного сигнала можно записать в виде:

$$\varphi \approx \Delta_0 t + a \{ (1 + E'_c/A + E_c/A_1) \sin \varphi + (E'_s/A + E_s/A_1) \cos \varphi \} t + \psi, \quad (2)$$

$$\text{где } a = \frac{\mu_1 \mu_2 \Delta \omega_y A_1 A_0 A}{4 U_{\text{ФД МАХ}}},$$

$\mu_1 \mu_2$ – коэффициенты преобразования смесителей в канале СФАР,

$\Delta \omega_y$ – полоса удержания устройства ФАПЧ,

$A_1 A_0 A$ – амплитуды принимаемого сигнала, опорного сигнала и сигнала синхронизируемого генератора соответственно,

$U_{\text{ФД МАХ}}$ – максимальное напряжение на выходе фазового детектора с учетом фильтрации,

Δ_0 – начальная расстройка частоты,

E_c, E_s – синфазная и квадратурная составляющие шума по отношению к полезному сигналу на выходе ФАПЧ,

E'_c, E'_s – синфазная и квадратурная составляющие шума по отношению к опорному сигналу в канале опорного сигнала,

$$\psi = \varphi_0 + \varphi_1 - \varphi_2,$$

$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$ – случайные фазы принимаемого сигнала, опорного сигнала и сигнала синхронизируемого генератора соответственно.

Определим закон распределения фазы на выходе элемента СФАР методом, основанным на теории марковских процессов. При этом должно выполняться неравенство (3):

$$\left(\frac{dF}{d\varphi} \right)_{\varphi=\varphi_0} \cdot \tau' \ll 1, \quad (3)$$

где $F = \dot{\varphi} - \overline{\dot{\varphi}}$ – флюктуации частоты на выходе устройства ФАПЧ,

$$\dot{\varphi} = d\varphi/dt$$

$\varphi = \varphi_0$ – точка устойчивого равновесия устройства ФАПЧ,

$$\tau' = \frac{\int_0^\infty \overline{FF_\tau} d\tau}{(\overline{FF_\tau})_{\tau=0}} = \frac{\int_0^\infty \left\{ a^2 \left[\frac{\overline{E'_c E'_{c\tau}}}{A^2} + \frac{\overline{E_c E_{c\tau}}}{A_1^2} \right] + \overline{\dot{\psi} \dot{\psi}_\tau} \right\} d\tau}{a^2 \left[\frac{1}{N_2^2} + \frac{1}{N_1^2} \right] + \delta_{\dot{\psi}}^2}$$

$\overline{FF_\tau}$ – корреляционная функция флюктуаций частоты на выходе устройства ФАПЧ,

$$N'_1 = \frac{E'_c}{A} = \frac{E'_s}{A}, \quad N'_2 = \frac{E_c}{A_1} = \frac{E_s}{A_1}, \quad N_1 = \frac{1}{N'_1}, \quad N_2 = \frac{1}{N'_2}$$

$\overline{\dot{\psi} \dot{\psi}_\tau}$ – корреляционная функция скорости изменения фазовых флюктуаций на входе устройства ФАПЧ,

$\delta_{\dot{\psi}}^2$ – дисперсия скорости изменения фазовых флуктуаций на входе ФАПЧ.

При выполнении неравенства (3) закон распределения фазовых флуктуаций на выходе устройства ФАПЧ может быть определен из уравнения Фоккера-Планка:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} [K_2(\varphi)W(\varphi)] - \frac{\partial}{\partial \varphi} \left\{ \left[K_1(\varphi) + \frac{1}{4} K'(\varphi) \right] W(\varphi) \right\} = 0, \quad (4)$$

где $K_1(\varphi), K_2(\varphi), K'(\varphi)$ – структурные функции.

При этом

$$K'(\varphi) = 4 \int_0^\infty \frac{d\overline{F}}{d\varphi} F_\tau d\tau, \quad (5)$$

$$K_1(\varphi) = \overline{\dot{\varphi}}, \quad (6)$$

$$K_2(\varphi) = 2 \int_0^\infty \overline{F F_\tau} d\tau, \quad (7)$$

В результате вычислений получим:

$$K'(\varphi) = 0$$

$$K_1(\varphi) = \Delta_0 + a \sin \varphi,$$

$$K_2(\varphi) = 2 \int_0^\infty \left[a^2 \left(\frac{\overline{E'_c E'_{c\tau}}}{A^2} + \frac{\overline{E_c E_{c\tau}}}{A_1^2} \right) + \overline{\dot{\psi} \dot{\psi}_\tau} \right] d\tau$$

Тогда уравнение (4) примет вид:

$$\frac{\partial^2 W(\varphi)}{\partial \varphi^2} - \frac{\partial}{\partial \varphi} [(D_0 + D \sin \varphi)W(\varphi)] = 0, \quad (8)$$

$$\text{где } D_0 = \frac{2\Delta_0}{K_2}; \quad D = \frac{2a}{K_2}$$

Решая уравнение (8) относительно функции $W(\varphi)$, получим:

$$W(\varphi) = \frac{e^{D_0 \varphi - D \cos \varphi}}{4\pi^2 |I_{jD_0}(D)|^2} \int_\varphi^{\varphi+} e^{-D_0 x + D \cos x} dx, \quad (9)$$

где $I_{jD_0}(D)$ – функции Бесселя мнимого аргумента.

Практически наиболее интересен случай, когда начальная расстройка Δ_0 равно 0. Решение (9) при этом условии примет вид:

$$W(\varphi) = \frac{e^{-D \cos \varphi}}{2\pi I_0(D)}, \quad (10)$$

Тогда

$$\overline{\Phi} = (\theta, \varphi) = F_0^2(\theta, \varphi) \left[n + \frac{I_1^2(D)}{I_0^2(D)} (n^2 - n) \right], \quad (11)$$

Относительное ослабление принимаемой СФАР мощности за счёт фазовых погрешностей устройства ФАПЧ определяется соотношением:

$$v = 1 - \frac{\overline{\Phi}(\theta, \varphi)}{\Phi(\theta, \varphi)} = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \left(1 - \frac{I_1^2(D)}{I_0^2(D)}\right), \quad (12)$$

При $\delta_{\dot{\psi}}^2 \ll a^2 \left[\frac{1}{N_1^2 + N_2^2} \right]$ и $\varphi_0 = 0$ неравенство (3) с учетом (2) запишется соответственно в виде:

$$a \left(1 + \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) \tau_m \ll 1, \quad (13)$$

$$a \left(1 + \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right) \tau \ll 1, \quad (14)$$

где τ_m – время корреляции шума на входе ФАПЧ со стороны опорного и принимаемого сигналов,

τ – время корреляции скорости фазовых флуктуаций на входе ФАПЧ.

Значение параметра D при выполнении неравенств (13, 14) определяется соответственно равенствами:

$$D = \frac{N_1^2 N_2^2}{(N_1^2 + N_2^2) a \tau_{\text{ш}}} \quad (15)$$

$$D = \frac{a}{\delta_{\dot{\psi}}^2 \tau} \quad (16)$$

График зависимости $\frac{v}{1 - \frac{1}{n}}$ от D представлен на рисунке 2.

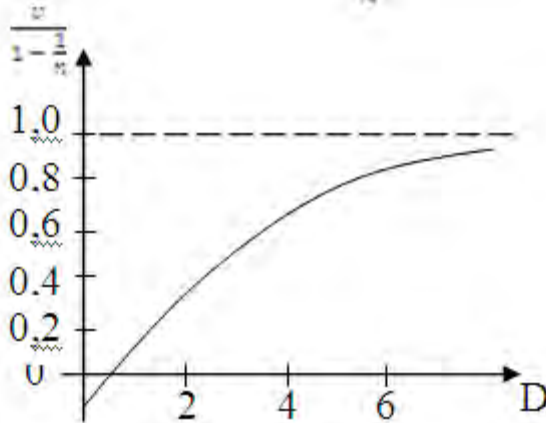


Рисунок 2 – Зависимость приведенного значения относительно ослабления принимаемой СФАР мощности $\frac{v}{1 - \frac{1}{n}}$ от параметра D .

Теперь определим закон распределения фазы на выходе элемента СФАР квазистатическим методом. При этом должно выполняться неравенство [4]:

$$\left(\frac{dF}{d\varphi}\right)_{\varphi=\varphi_0} \cdot \tau' \gg 1, \quad (17)$$

Выражение скорости флуктуаций фазы на выходе устройства ФАПЧ в канале СФАР с учётом (2) примет вид:

$$F = a \left\{ \left(1 + \frac{E'_c}{A} + \frac{E_c}{A_1}\right) \sin \varphi + \left(\frac{E'_s}{A} + \frac{E_s}{A_1}\right) \cos \varphi \right\} + \dot{\psi} \quad (18)$$

В соответствии с квазистатическим методом ($F = \dot{\psi} = 0$ и полагая $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$ из (18) получим:

$$\varphi = \pi - \frac{\frac{E'_s}{A} + \frac{E_s}{A_1}}{1 + \frac{E'_c}{A} + \frac{E_s}{A_1}} \quad (19)$$

Можно показать, что закон распределения фазовых флуктуаций, определяемых уравнением (2), является нормальным со средним значением, равным π , и дисперсией $\delta_\varphi^2 = \frac{N_1^2 + N_2^2}{N_1^2 N_2^2}$.

Тогда выражения средней диаграммы направленности СФАР по мощности и относительного ослабления принимаемой СФАР мощности, за счёт фазовых погрешностей устройств ФАПЧ определяется соответственно в виде:

$$\overline{\Phi}(\theta, \varphi) = F_0^2(\theta, \varphi) [n + (n^2 - n)e^{-\delta_\varphi^2}], \quad (20)$$

$$v = \left(1 - \frac{1}{n}\right) (1 - e^{-\delta_\varphi^2}), \quad (21)$$

Таким образом, полученные соотношения позволяют оценить величину относительного ослабления мощности принимаемого СФАР сигнала при использовании инерционных и без инерционных устройств ФАПЧ.

Литература

1. Методические материалы по обучающему комплексу по направлению подготовки 090900 информационная безопасность квалификация (степень) бакалавр и магистр: Санкт-Петербург 2013 г.
2. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Взаимодействие человека, техники и природы: проблема информационной безопасности [Текст] / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Вопросы региональной экономики. – №5 (05). – 2010г.
3. Информационно – методический журнал: «Защита информации» INSIDE №5 сентябрь-октябрь 2013г. 95 с.
4. Современные проблемы радиоэлектроники. Сборник научных трудов. Вестник СНИИР, Москва: Радио и связь, 2006 г.
5. Кузовкин, И. Н., Петров, А. С. Миниатюрные СВЧ-устройства деления-суммирования мощности [Текст] / И. Н. Кузовкин, А. С. Петров // Москва: Успехи современной радиоэлектроники. – № 12. – 2004 г.
6. Меньшаков, Ю. К. Основы защиты от технических разведок [Текст] / Ю. К. Меньшаков // Москва, издат-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011 г.
7. Трошкин, Г. И. Фидерные тракты средств радиосвязи и радиовещания [Текст] / Г. И. Трошкин // Москва: Антенны. – № 3. – 2001 г.
8. Шифрин, Я. С. Вопросы статической теории антенн [Текст] / Я. С. Шифрин // М.: Сов.радио. – 1970.
9. Стратонович, Р. Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике [Текст] / Р. Л. Стратонович // М.: Сов.радио. – 1961 г.

Основные направления создания отечественных многоразовых космических систем

В.Г. Исаев, к.т.н., доцент

М.Д. Озерский, д.т.н., с.н.с.

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область

В статье проведён анализ работ по определению технического облика многоразовой космической транспортной системы, выполненных за последние 20 лет ведущими российскими организациями ракетно-космической отрасли. Рассмотрен состав и основные технические характеристики подобных систем. Показано, что в целом результаты разработки проектов многоразовой космической транспортной системы свидетельствуют о том, что накопленный научно-технический и технологический задел позволяет приступить к этапу опытно конструкторских работ по созданию частично многоразовой РН. Отмечено соответствие данного направления развития российских средств выведения КА современным тенденциям и приоритетам зарубежных разработок.

Многоразовый, космический, возвращаемый, ракета.

Basic directions of creation home multiple space systems

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

M.D. Ozerskii, Doctor of Engineering Science,

Moscow region state-financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

In the article conducted works on determination of technical look of a multiple space transport system, executed for the last 20 leading Russian organizations of space-rocket industry. Composition and basic technical descriptions of the similar systems are considered. It is shown that on the whole the results of development of projects of a multiple space transport system testify that the accumulated scientific and technical and technological reserve allows to begin the stage experience designer works on creation partly of multiple rocket of carrier. Accordance of this direction of development of Russian facilities of leading out is marked KA to the modern tendencies and priorities of foreign developments.

Multiple, space, re-entry, rocket.

В большинстве стран с развитой космической промышленностью систематически ведутся исследования, в ходе которых разрабатываются многочисленные проекты и концепции создания частично или полностью многоразовых средств выведения различных типов.

В числе основных исследований по выбору технического облика многоразовой космической транспортной системы (МКТС), выполненных за последние 20 лет ведущими российскими организациями космической промышленности, следует отметить следующее.

В период 1993-1998 гг. в рамках научно-исследовательских работ проводились исследования по оценке эффективности и сравнительному анализу различных вариантов МКТС с участием ведущих организации отрасли: ГК НПО им. Хруничева, РКК «Энергия», НПОмаш, ГРЦ КБ им. Макеева, ОКБ им. А.Н. Туполева, АПК МиГ и ОАО «Молния» и др.

Разработчиками были подготовлены технические предложения по нескольким вариантам МКТС, отличающимся типом старта (вертикальный, горизонтальный, авиационный), типом посадки (вертикальная и горизонтальная), степенью многоразовости (полностью и частично многоразовые) [1]. Из числа разработанных концепций в качестве

перспективных следует отметить:

вариант на основе технологий ближней перспективы – вариант многоразовой возвращаемой ракеты-носителя (МВРН) (разработчики ЦНИИмаш, РКК «Энергия») и МАКС-ОС (НПО «Молния», ЦАГИ);

вариант на основе технологий дальней перспективы – вариант многоразовой космической ракеты (МКР) (ЦНИИмаш, РКК «Энергия») и МИГАКС (ЦАГИ, МАПО МИГ).

Исследования показали актуальность разработки ключевых технологий создания многоразовых систем. Наиболее перспективными являются варианты МКТС с горизонтальной посадкой возвращаемых ступеней, обеспечивающей существенное снижение тепловых и динамических нагрузок на участке возвращения.

В период 1998-2003гг., также в рамках научно-исследовательских работ проводились разработки ключевых технологий создания многоразовых средств выведения (материалы и конструкции, системы управления, многоразовые ЖРД, теплообмен и теплозащита, аэрогазодинамика), был подготовлен проект Программы работ по ключевым технологиям концепций МКТС, сформирован Перечень приоритетных направлений, разработана методология проектного анализа и оценки эффективности вариантов МКТС с учетом технико-экономического риска их создания и эксплуатации. В ходе НИР была выполнена проектная проработка вариантов ближней перспективы, в частности, ГКНПЦ им.М.В.Хруничева предложены варианты двухступенчатого носителя с многоразовым ускорителем первой ступени, выполненным по схеме «утка» и одноразовой второй ступенью [3,4,5].

В конце 1990-х годов в НПО «Молния» по заказу ГКНПЦ им. М.В.Хруничева был спроектирован многоразовый ракетный ускоритель (МРУ) «Байкал», предназначенный для применения на первой ступени РН семейства «Ангара». На этапе выведения МРУ «Байкал» предусматривалось использовать как обычный ракетный ускоритель с маршевым ЖРД, а после отделения от носителя – как крылатый летательный аппарат. МРУ «Байкал» был рассчитан на 25 пусков, но в перспективе кратность его использования предполагалось довести до 200. Был создан полноразмерный макет «Байкала», который выставлялся на нескольких авиасалонах [7].

Сравнительный анализ эффективности вариантов МКТС в долгосрочной космической программе показал преимущества частично многоразовых ракетных систем вертикального старта перед авиационно-космическими системами по экономическим критериям.

В период 2004-2005 гг. был проработан технический облик многоразовая ракетно-космическая система (МРКС) в виде двухступенчатой многоразовой всеазимутальной ракеты-носителя тяжелого класса вертикального старта с многоразовым возвращаемым в район старта ракетным ускорителем первой ступени и одноразовым блоком выведения второй ступени [3,4,5].

В интересах создания МРКС был определен перечень необходимых ключевых технологий.

Из числа этих технологий 128 требуют отработки на наземных демонстраторах, а 81 технология – отработки на лётных демонстраторах. На этапе НИР сформированы общие требования к наземным и лётным демонстраторам, определен их предварительный технический облик, а также сформированы технологические требования к МРКС и наземной космической инфраструктуре.

Во второй половине 2000-х годов рядом организаций были разработаны проекты МРКС при головной роли ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ГРЦ КБ им. В.П.Макеева [3,4,5].

ГКНПЦ им. М.В. Хруничева разработал проект МРКС в состав которой входят:

- многоразовая ракета космического назначения 1-го этапа (МРКН);
- технический комплекс МРКН;
- технический комплекс космической головной части (КГЧ);
- технический комплекс возвращаемых ракетных блоков (ВРБ);
- стартовый комплекс;
- посадочный комплекс;
- заправочно-нейтрализационная станция (комплекс);
- автоматизированная система управления подготовкой, пуском и межполётным обслуживанием;
- комплекс средств измерений, сбора и обработки информации;
- комплект средств транспортирования составных частей МРКН;
- учебно-тренировочные средства.

В качестве базового варианта МРКН предложен вариант, состоящий из двух возвращаемых ракетных блоков I ступени, ускорителя II ступени и космической головной части. Основные параметры возвращаемого ракетного блока I ступени и ускорителя II ступени оптимизированы, исходя из требования по обеспечению выведения на низкую околоземную орбиту полезного груза массой до 35 т.

Другие возможные варианты МРКН являются производными от базового варианта, то есть строятся на основе возвращаемого ракетного блока и ускорителя II ступени, размерность которых оптимизирована для базового варианта.

Возвращаемый ракетный блок конструктивно представляет собой ракетный модуль, дооснащённый комплексом средств возврата и посадки, которые позволяют совершать в автоматическом режиме устойчивый и управляемый автономный возвратный полёт после отделения от II ступени в широком диапазоне высот и скоростей с управляемой посадкой на аэродром космодрома. Возвращаемый ракетный блок включает:

- агрегаты корпуса в составе носового отсека, хвостового отсека, крыла и оперения;
- воздушно-реактивную двигательную установку (ВРДУ) с ВРД;
- реактивную систему управления;
- бортовое радиоэлектронное оборудование в составе бортового комплекса управления, системы электроснабжения, системы бортовых телеметрических измерений, радиооборудования, светотехнического оборудования, средств защиты от атмосферного электричества;
- посадочные устройства в составе трёхопорного шасси;
- механические системы;
- комплекс рулевых следящих систем с применением приводов объёмного регулирования;
- воздушную систему обеспечения температурного режима и вентиляции;
- противообледенительную систему.

Типовая схема полёта многоразовой ракеты космического назначения показана на рисунке 1.

Этап выведения КА на целевую орбиту и возвращения ВРБ состоит из следующих основных участков:

Старт многоразовой ракеты космического назначения.

Полёт возвращаемого ракетного блока в составе многоразовой ракеты космического назначения.

Выключение маршевой ДУ возвращаемого ракетного блока и его отделение.

Автономный полет возвращаемого ракетного блока.
 Пассивный управляемый полёт, разворот крыла, ориентация возвращаемого ракетного блока для входа в атмосферу.
 Вход в плотные слои атмосферы.
 Маневр аэродинамического торможения и разворота на направление возвратного полета.
 Запуск воздушно-реактивной двигательной установки.
 Возвратный участок полёта с работающей воздушно-реактивной двигательной установкой.
 Вход в район аэродрома. Участок захода на посадку и посадка.
 Участок полёта 2-й ступени.
 Выключение ДУ, Сброс головного обтекателя, отделение ускорителя 2-й ступени.
 Участок доразгона КА ($\Delta V = 75$ м/с).
 Выключение ДУ. Отделение полезной нагрузки.
 Этап возвращения ВРБ включает в себя совокупность участков его возвратного полета и комплекс работ связанных с обеспечением автономного полета возвращаемого ракетного блока и его посадки на аэродром в районе старта.

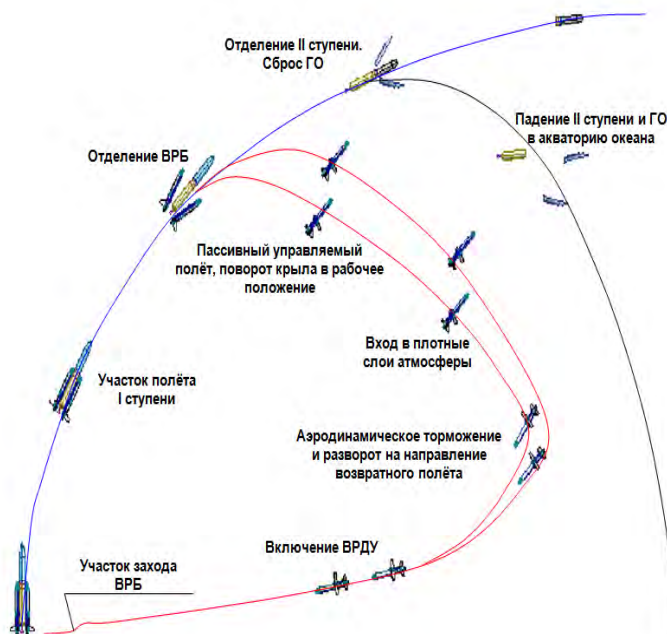


Рисунок 1 – Типовая схема полёта многоразовой ракеты космического назначения

В составе МРКН предусматривается использовать блок доведения, решающий задачу выведения полезной нагрузки на низкие околоземные орбиты. Его применение позволяет не выводить крупногабаритную II ступень на замкнутую орбиту и обеспечить её падение в акваторию Мирового океана.

Для выведения на геопереходную орбиту, геостационарную орбиту и другие вы-

сокоэнергетические орбиты предусматривается использовать кислородно-водородный РБ на базе кислородно-водородного тяжелого класса (КВТК) – для МРКН с грузоподъемностью 35 т – РБ с рабочим запасом топлива 24,5 т и конечной массой 3,75 т (для других вариантов МРКН размерность кислородно-водородных разгонных блоков (КВРБ) оптимизируется в зависимости от грузоподъемности на низкие околоземные орбиты.

Для дальнейшей разработки выбраны варианты с использованием следующих компонентов ракетного топлива (КРТ):

для возвращаемого ракетного блока–топливо «керосин+ж.О₂» или «ж. СН₄ + ж. О₂»;

для ускорителя II ступени – топливо «ж. Н₂ + ж. О₂».

В таблице 1 показаны варианты МРКН с грузоподъемностью от 21 до 60 т на НОО, в которых на I и II ступенях используются топлива «жидкий СН₄ + жидкий О₂» и «жидкий Н₂ + жидкий О₂» соответственно [2,8].

Таблица 1– Варианты МРКН разработки ГКНПЦ им.М.В.Хруничева

Варианты МРКН				
Стартовая масса, т	664,5	999,7	1334,7	1600
МПП, т (Нкр=200 км, i=51,8°)	21	35	50	60

В случае принятия решения об отказе от применения жидкого водорода, могут быть реализованы варианты II ступени на топливе «керосин + ж. О₂» или «жидкий СН₄ + ж. О₂».

Маршевая ДУ возвращаемого ракетного блока - многократного использования с ресурсом до 25 полётов, включает ЖРД однократного включения в полёте с турбонасосной системой подачи компонентов топлива, выполненных по схеме с дожиганием генераторного газа. ДУ принята многодвигательной, состоящей из «связки» 4-х ЖРД. Это обеспечивает выполнение требования по грузоподъемности МРКН, а также по возможности увода МРКН от стартовых сооружений и по выведению полезной нагрузки с одним неработающим маршевым ЖРД возвращаемого ракетного блока с начала полета, используя возможности «горячего резервирования» ЖРД.

Маршевая ДУ ускорителя II ступени разрабатывается на базе ЖРД типа РД-0120. Запас топлива на одном ракетном блоке II ступени составляет ~220 т.

ГКНПЦ им.М.В.Хруничева были рассмотрены 2 варианта аэродинамической схемы возвращаемых ракетных блоков I ступени:

- «нормальная» балансировочная схема с прямым поворотным крылом и с хво-

стовым оперением;

- схема «утка» с неподвижным трапецевидным (треугольным) крылом с передним наплывом и с передним горизонтальным оперением.

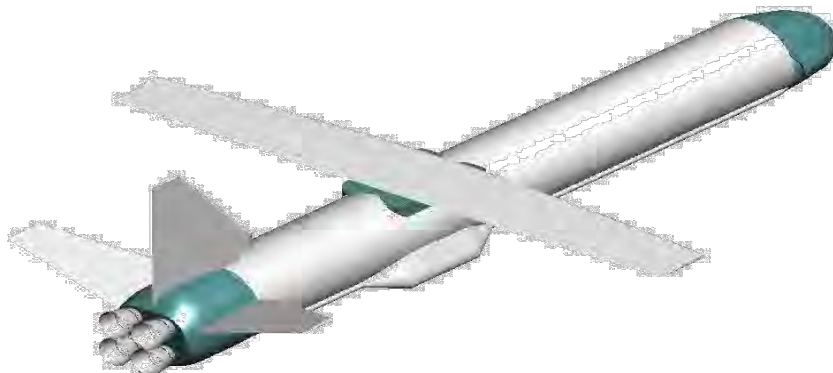


Рисунок 2 – Возвращаемый ракетный блок нормальной схемы с поворотным крылом

Аэродинамические и газодинамические характеристики для возвращаемого ракетного блока нормальной аэродинамической схемы (см. рис. 2) приняты аналогичными многоразовому ракетному блоку, который разрабатывался для РН семейства «Ангара». При этом использовались результаты расчётно-теоретических и экспериментальных работ, проведённых в ЦАГИ. Возвращаемый ракетный блок построен масштабированием габаритных размеров блока «Байкал». Сохранение всех относительных линейных размеров позволяет считать полностью подобными их аэродинамические компоновки. В связи с этим полагается, что может быть обоснованно использован накопленный научно-технический задел по ускорителю «Байкал» (в том числе по аэродинамике, балансировке, устойчивости, управляемости и т.д.) [6,7,8].

Предполагалось, что возвращаемый ракетный блок будет иметь следующие характеристики:

- запас топлива – 330 т («ж.СН₄ + ж.О₂») или 360 т («керосин + ж.О₂»);
- посадочная масса – 51,7 т («ж.СН₄ + ж.О₂») или 48,4 т («керосин + ж.О₂»);
- дальность полета – 500 км;
- посадочная скорость – 280 км/час;
- длина взлетно-посадочной полосы – 2500 м.

При создании ВРБ с треугольным (неподвижным) крылом корпус предполагается оставить прежним, меняются только аэродинамические поверхности и шасси (расположение и параметры). Крыло ВРБ (форма в плане и профиль) соответствуют крылу ОК «Буран». Начать летные испытания предлагалось в 2020 году.

ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс" предложил многоразовую ракетно-космическую систему включающую:

- двухступенчатую многоразовую ракету-носитель (МРН) с двумя крылатыми многоразовыми возвращаемыми блоками (КМВБ) первой ступени;
- сборочно-защитные блоки;
- верхние ступени (РБ, блоки довыведения и др.);
- унифицированный комплекс космической наземной инфраструктуры.

При стартовой массе 1351 т МРН обеспечивает выведение ПГ массой 39,5 т на НОО с наклоном 51° и высотой 200×240 км.

Первая и вторая ступени соединены в «пакет», двигатели ступеней работают па-

раллельно. На первой ступени используется топливо «ж.О₂ + ж. СН₄», на второй – «О₂ + Н₂».

Каждый КМВБ состоит из 2 ракетных блоков, соединенных с помощью крыла и переднего горизонтального оперения, на котором установлены два ВРД. ДУ многоразового возвращаемого блока состоит из 4 ЖРД типа РД0162 (по 2 на каждом ракетном блоке), которые выполнены по схеме с дожиганием восстановительного генераторного газа. Кратность использования маршевого двигателя составляет 35. Длина КМБ аппарата около 30 м, размах крыла 21 м, сухая масса – 62,54 т, масса топлива – 250 т.

В качестве двигателя возвратного полёта КМБ предложен АЛ-31ФН. В составе каждого КМВБ используются по два таких ВРД.

Вторая ступень – одноразовый центральный блок с одним ЖРД типа РД-0120. Сухая масса ускорителя – 25,5 т, масса топлива – 127,5 т.

Соотношение масс ступеней выбрано таким, что скорость отделения КМВБ соответствует числу Маха при разделении $M_p = 13,5$. Разделение ступеней происходит на высоте около 100 км.

Стартовая тяговооруженность равна 1,53. Максимальная продольная перегрузка (в конце работы первой ступени) достигает 4,7g. На начальном участке работы второй ступени продольная перегрузка составляет ~0,66g.

На участке совместного полета первой и второй ступеней максимальный скоростной напор равен $q_{\max} \approx 4900 \text{ кг/м}^2$ (при $M = 1,62$). По оценке ЦАГИ, условия возвратного полета КМВБ приближаются к условиям планирующего схода с орбиты.

ОАО «ГРЦ Макеева» была предложена программа поэтапного создания перспективных РКН:

на первом этапе - одноразовую РКН среднего класса;

на втором – РКН среднего класса с многоразовой первой ступенью;

на третьем этапе – РКН тяжелого класса.

Рассмотрено несколько вариантов двухступенчатой РКН, представленные в таблице 2, отличающихся типом топлива и маршевых ЖРД многоразовой ступени и размерностью второй кислородно-водородной ступени.

Таблица 2 – Характеристики вариантов РКН с многоразовой I ступенью

Характеристики	Варианты					
Стартовая масса, т	975	1095	880	915	930	1045
ДУ I ступени	5×РД0163	5×РД0163	5×РД-191	5×РД-191	6×РД-191	6×РД-191
ДУ II ступени	1×РД0120	2×РД0120	1×РД0120	2×РД0120	1×РД0120	2×РД0120
Масса полезной нагрузки, т	30	39	27,5	29	31	39
Стартовая тяговооруженность	1,5	1,33	1,32	1,3	1,51	1,33
Масса топлива I ступени, т	675	675	590	590	625	625
Масса топлива II ступени, т	190	290	190	220	190	290
$m_{\text{ПГ}}/m_0, \%$	3,08	3,57	3,12	3,18	3,34	3,73

Предложенная ОАО «ГРЦ Макеева» РКН при стартовой массе 1095 т имеет заявленную грузоподъемность на низкую орбиту 39 т. РКН включает многоразовую первую ступень, которая за счёт ракетодинамического маневра возвращается к точке старта и совершает вертикальную посадку при работающих ЖРД.

Максимальный скоростной напор при выведении равен 3000 кгс/м^2 и реализуется при числе $M = 1,78$. На участке возвратного полета первой ступени скоростной напор

достигает величины 4500 кгс/м^2 .

Максимальная продольная перегрузка ограничена величиной 4,0.

Траектория возврата первой ступени, имеющей массу в момент отделения 102 т, формируется следующим образом. После отключения ДУ и отделения осуществляется поворот I ступени вокруг центра масс с тем, чтобы развернуться хвостовой частью вперёд. Этот маневр занимает примерно 10 с. Для его осуществления используются два рулевых двигателя.

Затем включаются остальные рулевые двигатели или центральный маршевый двигатель для выдачи тормозного импульса. На участке торможения принят постоянный угол тангажа, равный 10° . В конце ракетодинамического маневра высота составляет 95 км, удаление от точки старта РКН - около 62 км.

После завершения маневра ДУ вновь отключается и ступень выполняет пассивный полет с максимальной высотой 120 км. На этом участке работают двигатели ориентации, которые расходуют 3,5 т топлива. Вход в плотные слои атмосферы начинается на высоте $\sim 35 \text{ км}$. Через 16 с на высоте $\sim 18 \text{ км}$ скоростной напор достигает своего максимума 4500 кгс/м^2 (в 1,5 раза больше, чем при выведении), продольная перегрузка - $\text{max} \approx 6,5$ (в 1,7 раза больше, чем при выведении и при выполнении ракетодинамического торможения).

В конце аэродинамического торможения ступень выходит на режим «парашютирования» с постоянным скоростным напором $\sim 1200 \text{ кгс/м}^2$ при угле $\theta \approx 90^\circ$. На высоте $\sim 930 \text{ м}$ при скорости 142 м/с начинается завершающий этап ракетодинамического торможения с использованием рулевых ЖРД по специальной программе дросселирования. Это позволяет уменьшить скорость до $\sim 1 \text{ м/с}$ на высоте $H = 10 \text{ м}$. Далее в течение 10 с высота уменьшается до нулевой, посадка осуществляется на площадку $50 \times 50 \text{ м}$ на опорные устройства, находящиеся на нижних днищах четырех боковых блоков. Для возврата первой ступени расходуется 46,6 т топлива (почти половина массы в точке отделения).

Сравнительный анализ предложений ГКНПЦ им. Хруничева, ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ «Прогресс» и ОАО ГРЦ «КБ им. В.П. Макеева» показывает, что проект ГКНПЦ им.М.В.Хруничева имеет значительное преимущество перед другими проектами по большинству использованных показателей. Поэтому технический облик МРКС целесообразно формировать на основе предложений ГКНПЦ им. М.В. Хруничева [7].

При создании МРКС потребуются решение ряда технических проблем (разработка материалов, конструкций, технологий и элементной базы, обеспечивающих снижение масс агрегатов и систем на 30...60% и более, интеграция планера и ДУ с обеспечением необходимых аэродинамических характеристик, создание многоразовых криогенных баков и ЖРД с оптимальной кратностью применения, внедрение принципов и методов обеспечения качественно нового уровня безопасности и сохранности агрегатов и систем в аварийных ситуациях, обеспечение надежной и высокоточной посадки с учетом атмосферных возмущений, обеспечение минимальной трудоемкости межполетного обслуживания и др.).

Однако в целом результаты разработки проектов, а также более ранних проектов МКТС свидетельствуют о том, что накопленный научно-технический и технологический задел позволяет приступить к этапу опытно конструкторских работ по созданию частично многоразовой РН.

Следует отметить соответствие данного направления развития российских средств выведения КА современным тенденциям и приоритетам зарубежных разработок в данной области.

В частности, ВВС США планируют создание РН нового поколения с многоразовой первой ступенью, возвращаемой на стартовую позицию, в расчёте на снижение

стоимости пусков РН и ускорение их подготовки к запуску. Научно-исследовательская лаборатория BBC AFRL в интересах создания многоразовой ступени будет проводить демонстрационные испытания масштабной модели в рамках программы RBSP (Reusable Booster System Pathfinder – «Опытная многоразовая первая ступень»). На заключительном этапе работ должен быть осуществлён запуск демонстрационного образца РН с выполнением маневра возврата первой ступени с горизонтальной посадкой в районе стартовой позиции.

Центр космических и ракетных систем BBC США (SMC) также организовал проведение исследований аналогичной направленности. Запланирован конкурс предложений, относящихся к различным вариантам концепции РН с многоразовыми первыми ступенями. Исполнителям предложено проработать разные режимы возврата многоразовой ступени с горизонтальной посадкой: с изменением направления полета в активном режиме и планированием в зону запуска, с включением ВРД первой ступени, которые обеспечат её возвращение в зону запуска, с возвратом ступени в зону запуска в режиме планирования под воздействием силы притяжения Земли и аэродинамических органов управления. Рассматриваются варианты «холодного» и «горячего» разделения ступеней, возможности аварийного прекращения полёта после отрыва РН от пускового устройства и т.д. [9].

В качестве возможного направления развития средств выведения КА с использованием принципов многоразового использования также рассматриваются авиационно-ракетные космические комплексы. Проработки по таким, включающим самолёт-носитель, РН и средства наземного обеспечения пусков, в конце 1990-х годов проводились как российскими, так и зарубежными организациями. Однако в настоящее время они или прекращены, или активно не проводятся. Вместе с тем, такие комплексы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными РКК наземного базирования. В число таких преимуществ входят:

повышенная энергетическая эффективность РН за счёт воздушного старта с СН;
мобильность и обеспечение высокой оперативности запусков КА;

возможность реализации запусков КА в широком диапазоне орбит по наклону;

обеспечение безопасности пусков путем выбора точки старта РН таким образом, чтобы трасса выведения проходила через акваторию Мирового океана или пустынные (ненаселенные) районы.

Наряду с оперативными запусками малоразмерных КА, одним из актуальных направлений использования авиационно-ракетных космических комплексов может стать выполнение запусков летных экспериментальных комплексов, в том числе гиперзвуковых летающих лабораторий. Необходимость их создания связана с невозможностью достоверного воспроизведения всех требуемых условий гиперзвукового полёта в наземных экспериментах (или неоправданно высокая стоимость таких установок).

Литература

1. Э.Н. Дудар. «Многоразовые аэрокосмические летательные аппараты и системы – особенности полёта и решаемые задачи». Вестник Российской академии естественных наук. 2011 г. №3.
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.federspace.ru/10826/>. (дата обращения: 26.05.2014).
3. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.astronaut.ru/bookcase/article/article35.htm?reload_coolmenus. (дата обращения: 26.05.2014).
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://sciencenow.ru/2013/08/mrks-mnogorazovaya-raketno-kosmicheskaya-sistema.html>. (дата обращения: 26.05.2014).
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://izvestia.ru/news/506923>. (дата обращения: 26.05.2014).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ns.warandpeace.ru/ru/news/view/82801/>. (дата обращения: 26.05.2014).

-
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.odnako.org/blogs/mnogorazovaya-raketa-rossiya-gotovit-noviy-proriv-v-kosmicheskoy-tehnike/>. (дата обращения: 26.05.2014).
 8. Электронный ресурс. Режим доступа: http://vpk.name/news/95778_v_rossii_rabotayut_nad_sozdaniem_mnogorazovoi_raketyi.html. (дата обращения: 26.05.2014).
 9. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://galspace.spb.ru/index140.html>. (дата обращения: 26.05.2014).

Актуальные проблемы обеспечения качества продукции на предприятиях ракетно-космической отрасли и пути их решения.

Дисперсионный анализ как оптимальный метод выбора поставщика

И.В. Пегачева, инженер,

ОАО «НПО ИТ» («Открытое акционерное общество
«Научно-производственное объединение измерительной техники»), г. Королев

Стремительный рост конкуренции на мировом рынке космических услуг требует от российских предприятий ракетно-космической отрасли применения основательных усилий для достижения более высоких уровней качества, надежности и безопасности производимой продукции. В последние годы отмечается недостаточный уровень качества выпускаемых изделий, о чем говорит рост количества рекламаций. Автор статьи освещены актуальные проблемы обеспечения качества выпускаемой ракетно-космической продукции, а также предложены возможные пути их решения. Также автором предложен статистический метод - дисперсионный анализ как оптимальный инструмент выбора поставщика.

Предприятия ракетно-космической отрасли, обеспечение качества, поставляемая продукция, дисперсионный анализ.

Actual problems of product quality in rocket-and-space areas and solutions.

Analysis of variance as the optimal method of supplier selection

I.V. Pegacheva, engineer,

JSC «NPO IT» (Open joint-stock company «Research-and-production association of measuring equipment»), Korolev

The rapid growth of competition on the world market of space services requires Russian enterprises of space-rocket industry to apply solid efforts to achieve higher levels of quality, reliability and safety of products. In recent years, there has been a lack of quality of the manufactured products, as evidenced by the increase in the number of complaints. The author of the article listed key current problems to the quality of space products, also suggested possible ways of solving them. Also the author suggested the statistical method - analysis of variance as the optimum supplier selection tool.

Enterprises of space-rocket industry, quality assurance, delivered products, analysis of variance.

Ракетно-космическая отрасль играет ключевую роль в обеспечении военной и экономической безопасности, оказывает существенное влияние на формирование военного, экономического и научного потенциала России.

Российские предприятия занимают лидирующие позиции в области производства и запуска космических аппаратов. По количеству запущенных космических летательных аппаратов наша страна занимает лидирующие позиции.

Советская космическая индустрия явилась прародителем большинства современных российских компаний ракетно-космической отрасли.

Космическую отрасль России составляют около 100 компаний. Основными компаниями отрасли являются:

- ФКА «Роскосмос», федеральный орган исполнительной власти в сфере космической деятельности.
- ОАО «Российские космические системы» - ведущая корпорация ракетно-космической отрасли, специализирующаяся на разработке, изготовлении, авторском сопровождении и эксплуатации космических информационных систем.
- ОАО РКК «Энергия», крупнейшая компания космической отрасли России, главный подрядчик пилотируемых космических полетов.
- ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева» и ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ведущие производителями ракет-носителей.

-
- «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнёва, крупнейший разработчик спутников.
 - Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина, лидер в области межпланетных зондов.

В последние годы проблема обеспечения качества изделий ракетно-космической техники становится крайне актуальной. Об этом свидетельствует то, что за последние полгода Роскосмосом было проведено 2 коллегии (30.12.2013 г., 17.03.2014 г.) и одно отраслевое совещание 24.04.2014 г., на которых отмечается недостаточный уровень качества изделий, а также проблемы в ракетно-космической отрасли.

В течение последних пяти лет Россия продолжала терять свои конкурентные преимущества в космической деятельности. Только в 2011 г. из 34 запусков пять закончилось потерями космических аппаратов. А если учесть аварию в июле 2013 г. ракеты «Протон-М», в результате которой было утрачено сразу 3 спутника ГЛОНАСС, то окажется, что вероятность отказа современной российской космической техники составляет более 22%. [4] Последний аварийный запуск ракеты-носителя «Протон-М» произошел 16 мая 2014 г. Ракета должна была вывести на орбиту спутник связи «Экспресс – АМ4Р», но на 540-й секунде полета связь с ракетой была утрачена и произошло аварийное отключение двигателей.

В настоящее время основными проблемами обеспечения качества поставляемой продукции являются:

- Качество поступающих от изготовителей (поставщиков) материалов, покупных комплектующих изделий, в том числе и электрорадиоизделий.
- Разрушение устоявшихся кооперационных связей, сокращение номенклатуры предприятий-изготовителей материалов, покупных комплектующих изделий.
- Появление на рынке организаций, поставляющих некачественную, а порой и контрафактную продукцию.
- Проблемы с организацией и обеспечением производства (в том числе при диверсификации производства), недостатки в обучении и контроле знаний требований конструкторской, технологической и нормативной документации, несвоевременное решение проблем в технологической подготовке производства, снижение требовательности контрольного аппарата, отсутствие мотивации к бездефектному труду исполнителей и контролеров.
- Отсутствие в процессах разработки, производства и эксплуатации новейших технологий электронного сопровождения наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла продукции, обеспечивающих кардинальное повышение качества и конкурентоспособности изделий.
- Недостаточная требовательность руководителей среднего и высшего звена при разработке и реализации мероприятий по производственным дефектам, допущенным при изготовлении изделий, недостаточное внимание к проблемам нарушения технологической дисциплины, культуры производства, нарушения требований конструкторской и технологической документации.
- Недостатки в метрологическом обеспечении технологических процессов изготовления и испытания изделий, контрольных операций и недостаточно эффективная метрологическая экспертиза конструкторской документации.
- Моральный и физический износ основных производственных фондов, в том числе устаревшие технологии производства, дефицит современного станочного и измерительного оборудования, а также старение лабораторной и испытательной базы.
- Ошибки исполнителей при выполнении технологических операций.

-
- Требования конструкторской документации на поставляемую продукцию не всегда обеспечивают необходимый для выявления несоответствий объем испытаний.
 - Методы контроля не в полной мере обеспечивают полноту выявления скрытых дефектов производства.
 - Отсутствие достаточного финансирования сдерживает внедрение современного оборудования и средств контроля изготавливаемой аппаратуры и покупных комплектующих изделий.

Значительное количество не подтвердившихся рекламаций и отказов по вине эксплуатирующих организаций указывает на слабую работу с предприятиями-потребителями и необходимостью совершенствования эксплуатационной документации.

Также одним из проблемных вопросов обеспечения качества поставляемой продукции является проведение авторского надзора за изготовлением систем и аппаратуры. С одной стороны, проведение работы в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 0015-305-2007 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Авторский надзор в процессе производства изделий. Основные положения» [1] требует отвлечения значительных сил разработчиков, конструкторов и технологов, с другой – финансирование авторского надзора в условиях жесткого ограничения средств не предусмотрено ни в договорах, ни в накладных расходах. В результате авторские надзоры проводятся либо формально, либо происходит постоянный перенос сроков.

Возможными путями улучшения качества выпускаемой и поставляемой продукции изделий ракетно-космической техники являются следующие задачи:

1. Службе качества предприятия совместно с производственными подразделениями и ОТК провести анализ причин отказов, выявленных в аппаратуре, поставляемой потребителю в течение последних нескольких лет. Разработать план мероприятий по совершенствованию производства.
2. Разработать план по внедрению новых методов контроля, в т.ч. фото и видео-документированию, а также организации труда с целью обеспечения существенного улучшения показателей предприятия в области повышения качества выпускаемой продукции и снижению количества рекламаций.
3. Руководителям производственных подразделений обеспечить выполнение утвержденного План-графика авторского надзора на текущий год.
4. Рассмотреть вопрос о введении требований в нормативную документацию СМК предприятий о проведении дополнительного обучения (инструктажа), аттестации исполнителей и контролеров в случаях увеличения количества несоответствий, а также при перерыве в изготовлении изделий для комплектования ракетно-космической техники.
5. Учитывая возрастание количества неподтвердившихся и эксплуатационных дефектов, а также ограниченные ресурсы предприятий, уполномоченный представитель предприятия-поставщика должен иметь право проведения технического (авторского) надзора на предприятии-потребителе в случаях предъявления выявленных несоответствий.
6. В целях повышения эффективности работ по метрологическому обеспечению производства рассмотреть вопросы о проведении работы метрологических служб предприятий, обратив особое внимание на внедрение современных методов измерения, новой измерительной техники.
7. Учитывая особую ответственность функций, выполняемых поставленными изделиями при эксплуатации у потребителя, необходимо строго выполнять требования ГОСТ РВ 0015-305-2007 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Авторский надзор в процессе производства

изделий. Основные положения» [1] и ОСТ 134-1050-2010 «Система менеджмента качества. Надзор авторский главных конструкторов на заводах-изготовителях» [2] по организации и проведению авторского надзора за соблюдением требований конструкторской и технологической документации при изготовлении изделий.

8. В обязательном порядке разрабатывать и при необходимости корректировать программы обеспечения надежности и программы поддержания качества и надежности изделий.
9. Ввести в практику проведение совместных проверок проблемных предприятий – поставщиков материалов и покупных изделий.
10. Постепенно внедрять на предприятиях ИПИ-технологии (CALS-технологии), технологии безбумажного документооборота, технологии непрерывной информационной поддержки жизненного цикла продукции, в том числе разработка и внедрение соответствующих стандартов предприятия.

Анализ причин и места обнаружения неисправностей, выявленных при проведении исследований отказов продукции ракетно-космической техники, показал, что большое количество отказов обнаружено уже при проведении входного контроля покупных комплектующих изделий. Необходимо отметить, что средний процент рекламаций, составленных на входном контроле, для всех поставщиков находится в пределах 35-40%.

В связи с этим для предприятий очень важно иметь надежный инструмент для оценки качества, которое может быть предоставлено поставщиком. Для принятия решения о выборе поставщика (или поставщиков) покупной элементной базы автор статьи предлагает использовать статистический метод управления качеством – однофакторный (одномерный) дисперсионный анализ.

Дисперсионный анализ, используемый для управления качеством, представляет собой инструмент качества, позволяющий на основе выборочных исследований сравнить качество продукции, предлагаемой различными поставщиками.

Основное предназначение дисперсионного анализа – сравнить математические ожидания μ групп и главным инструментом здесь является анализ дисперсий различных анализируемых групп.

Необходимые условия однофакторного дисперсионного анализа

Однофакторный дисперсионный анализ можно применять, только если выполняются три основных предположения: экспериментальные данные должны быть случайными и независимыми, иметь нормальное распределение, а их дисперсии должны быть одинаковыми.

Первое предположение – случайность и независимость данных – должно выполняться всегда, поскольку корректность любого эксперимента зависит от случайности выбора и/или процесса рандомизации. Чтобы избежать искажения результатов, необходимо, чтобы данные извлекались из генеральных совокупностей случайно и независимо друг от друга. Аналогично данные должны быть случайным образом распределенными по уровням интересующего фактора (экспериментальным группам). Нарушение этих условий может серьезно исказить результаты дисперсионного анализа.

Второе предположение – нормальность – означает, что данные извлечены из нормально распределенных генеральных совокупностей. Однофакторный дисперсионный анализ на основе F -критерия относительно мало чувствителен к нарушению этого условия. Если распределение не слишком значительно отличается от нормального, уровень значимости F -критерия изменяется мало, особенно если объем выборок достаточно велик. Если же условие о нормальности распределения нарушается серьезно, следует применять непараметрические процедуры дисперсионного анализа.

Предположение о нормальности проверяется путем проверки каждой из s выборок. Это предположение оценивается путем сравнения фактических и теоретических величин либо с помощью графика нормального распределения [3, С.17].

F-тест или критерий Фишера – любой статистический критерий, тестовая статистика которого при выполнении нулевой гипотезы имеет распределение Фишера (F-распределение). Непосредственно расчету F-критерия Фишера предшествует дисперсионный анализ. Фактическое значение F-критерия сравнивается с табличным значением. При этом, если фактическое значение F-критерия больше табличного, то гипотеза H_0 отклоняется, признается статистическая значимость уравнения в целом [5].

Третье предположение – однородность дисперсии – означает, что дисперсии каждой генеральной совокупности равны между собой. Это предположение позволяет решить, разделять или объединять внутригрупповые дисперсии. Если объемы групп совпадают, условие однородности дисперсии слабо влияет на выводы, полученные с помощью F-критерия. Однако, если объемы выборок неодинаковы, нарушение условия о равенстве дисперсий может серьезно исказить результаты дисперсионного анализа. Таким образом, следует стремиться к тому, чтобы объемы выборок были одинаковыми [3, С.17].

Алгоритм проведения однофакторного дисперсионного анализа:

1. Сбор данных. Далее производится оценка математических ожиданий для выборки из каждой партии.
2. Формулировка нулевой и альтернативной гипотез и расчета оценок математических ожиданий. Нулевая гипотеза (H_0) состоит в том, что все математические ожидания во всех группах равны. Альтернативная гипотеза (H_1) состоит в том, что оценки математических ожиданий отличаются друг от друга, т.е. качество продукции различных поставщиков отличается.
3. Вычисление выборочных средних для каждой группы и общего среднего по всем группам.
4. Вычисление вариаций: внутригрупповой, межгрупповой, полной вариации.
5. Внутригрупповая вариация равна сумме квадратов разностей между элементами каждой группы и выборочным средним этой группы.
6. Межгрупповая вариация равна сумме квадратов разностей между выборочным средним каждой группы, и общим средним, умноженным на объем соответствующей группы.
7. Полная вариация равна сумме межгрупповой и внутригрупповой вариаций.
8. Вычисление дисперсий: внутригрупповой, межгрупповой, полной дисперсий.
9. Вычисление статистики F-критерия.
10. Проведение дисперсионного анализа с применением пакета прикладных программ Excel [6].

Для принятия решения о выборе наилучшего поставщика используют процедуру последовательного исключения поставщиков, продукция которых имеет наихудшие показатели, т.е. математические ожидания имеют наихудшие значения. Далее проводят дисперсионный анализ характеристик оставшихся поставщиков. Процедуру последовательного исключения проводят до тех пор, пока качество выборок будет неразличимо. Далее можно определять поставщика на основании любой из выборок [6].

Дисперсионный анализ является мощным современным статистическим методом обработки и анализа экспериментальных данных. Поэтому данный метод автор предлагает использовать при выборе поставщика материалов и комплектующих изделий ракетно-космической техники.

Очень важен вопрос недоработки «человеческого» фактора. Из неправильных

действий работника, которые привели к браку, надо, прежде всего, сделать вывод о необходимости тщательного анализа системы качества для того, чтобы отыскать серьезные погрешности в конструкции или ошибки, неучтенных индивидуальных особенностей человека, неправильного отбора сотрудников или их обучения. Все это может в той или иной мере улучшить качество производимой продукции.

Ответственность, полномочия, взаимодействие руководства и персонала, выполняющего и проверяющего работу, которая влияет на качество, должны быть четко определены. Это особенно касается персонала, которому необходима организационная свобода. Например, существует соблазн у многих руководителей сказать: «За всё качество в компании несёт ответственность отдел по качеству». Поскольку продукция приобретает качество в процессе проектирования и производства, а не в процессе контроля, то правильнее возложить ответственность за качество, как на рабочий персонал, так и на работников функциональных (конструкторов, технологов, метрологов, контролеров) подразделений предприятия.

Итак, современные предприятия ракетно-космической отрасли работают в динамичных экономических условиях, которые определили умножение усилий для повышения конкурентоспособности на рынке ракетно-космической индустрии. Сохранить лидерство российской космонавтики не представляется возможным без совершенствования уровня качества, надежности и безопасности производимой и поставляемой продукции. Автором статьи освещены основные актуальные проблемы обеспечения качества производимой и поставляемой продукции предприятиями ракетно-космической отрасли и предложены возможные пути их решения.

По мнению автора, выполнение перечисленных задач приведет к существенному повышению уровня качества производимой продукции, поставляемых изделий и устранению актуальных проблем российских космических предприятий. Проблема качества никогда не теряет своей актуальности, она, по существу, постоянна. Под качеством продукции понимают уже не абстрактную категорию, но стратегическую задачу, успешное решение которой во многом влияет на экономическую стабильность не только отдельного предприятия, но и России в целом.

Литература

1. ГОСТ РВ 0015-305-2007 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Авторский надзор в процессе производства изделий. Основные положения».
2. ОСТ 134-1050-2010 «Система менеджмента качества. Надзор авторский главных конструкторов на заводах-изготовителях».
3. Строителев, В. Н. Учебный модуль. Дисперсионный анализ. Часть I. Однофакторный дисперсионный анализ. – 2009. – 28 с..
4. Финансы и кредит: электрон. версия, 2012. – проект № 11-06-00348-а.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.econometred.ru> (дата обращения: 21.06.2014).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.protestirui.ru> (дата обращения: 24.06.2014).

Имитация влияния космической радиации на эрозию конструкционных материалов. Имитация эрозии конструкционных материалов под воздействием космической радиации

С.Е. Сабо, к.т.н., доцент,
Н.В. Волков, к.т.н., доцент,
А.Д. Донской, доцент,
Е.Д. Штрафина, доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область,
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

Предложено имитировать влияние частиц естественной космической радиации на космические аппараты полиэнергетическими многокомпонентными пучками ионов. Исследовано изменение шероховатости и прочностных свойств поверхности материалов Be, Al, Ni, Cu, Mo, сталей 12X18H10T, при облучении полиэнергетическим пучком ионов He^+ и Ar^+ .

Космическая радиация, конструкционные материалы, эрозия.

**Simulation of the effect of space radiation on the structural erosion materials.
Simulation of erosion of structural materials under the influence of
cosmic radiation**

S.E. Sabo, Ph.D., Associate Professor,
N.V. Volkov, Ph.D., Associate Professor,
A.D. Donskoy, Associate Professor,
E.D. Shtrafina, Associate Professor,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,
National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

It is proposed to simulate the effect of particles of natural space radiation on spacecraft by polyenergetic multicomponent ion beams. Investigated change roughness and strength properties of the surface Be, Al, Ni, Cu, Mo materials and stainless steels 12X18H10T, 0X16H5M3B under the irradiation of the polyenergetic ion beam He^+ and Ar^+ .

Space radiation, structural materials, erosion.

Развитие космонавтики особенно бурно началось в 70-е годы прошлого столетия и продолжается в 21-м веке. Космонавтика проникает в различные сферы практической деятельности человека. Космическая техника используется для решения все более сложных задач различного назначения: военные, информационные, навигационные компоненты, исследование природных ресурсов, метеорология, геодезия, астрономия, металлургия, биология и многие другие отрасли жизни и деятельности человека.

Бурное развитие телекоммуникаций диктует слияние новейших телекоммуникационных и традиционных информационных технологий с целью максимального объединения функций «мобильных вычислений» телефона, радио, телевидения, передачи данных, телеметрии, локации, навигации в одном цифровом глобальном потоке.

В настоящее время в сфере коммуникаций доставка информации осуществляется по единому двух-путному оптоволоконному кольцу северного полушария, проходящему вблизи экватора по всей территории Земного шара, по возможности, исключая зоны политической и иной нестабильности тех или иных государств, а также руководствуясь политическим принципом «свой-чужой» и нежеланием предоставления странам «Третье-

го Мира» услуг в области высоких технологий для более прогрессивного развития этих государств.

Альтернативой являются орбитальные спутниковые группировки, например низкоорбитальный прототип Глобалстар.



5

Рисунок 1 – Система управления ЗАО «ЦУП-М», прототип Глобалстар

В настоящее время ведется активная разработка подобных систем с высотой полета 1200км., к которой подключаются все больше ВУЗов и организаций в РФ и за рубежом. Предполагается, что спутник будет иметь естественную гравитационную ориентацию. Размер спутника в сложенном состоянии: диаметр 80см., высота 120см. Спутник будет оснащен следующими антеннами Герца: 12 антенн диапазонов 30-450МГц, 16 антенн диапазонов 450-6000МГц, 8 антенн межспутниковой ретрансляции 10-20ГГц. Отдельная проблема, это живучесть космических аппаратов на орбите, которая должна составлять не менее 5-7 лет.

Внешний облик спутника и частоты наземных ретрансляторов



Рисунок 2 – Внешний облик низкоорбитального спутника и полосы частот наземных операторов

Массовое производство подобных спутников потребует и использования новых современных материалов и старых проверенных в космических условиях решений. Целью нашей работы является имитация радиационных воздействий на космические аппараты.

В радиационных поясах Земли электроны варьируются в диапазоне энергий 0,05 – 5 МэВ, протоны – от 0, 1 до 50 МэВ и, кроме этого существуют низкоинтенсивные, но очень опасные потоки тяжелых частиц. Радиационный пояс разделили на две части: внутренний пояс – протонный – имеет центр в экваториальной плоскости Земли на расстоянии 3000 км от поверхности; внешний – электронный – определяет свой центр на расстоянии 15 – 25 тыс.км от планеты. В дальнейшем изучение радиационного пояса Земли показало, что все пространство магнитосферы заполнено заряженными частицами с разной энергией.

Галактические космические лучи содержат частицы с очень высокой энергией по сравнению с другими радиациями. Энергия находится в широком спектре от 10^8 до 10^{21} эВ, но плотность потока их невелика. В таблице 1 приведены данные о проникающем излучении в космическом пространстве [1].

Таблица 1 – Частицы высокой энергии в космическом пространстве

Вид корпускулярного излучения	Состав	Энергия частиц, МэВ	Плотность потока частиц, м–2 · с–1
Радиационные пояса Земли: внутренний	Протоны	1 – 30 > 30	$3 \cdot 10^{10}$ $2 \cdot 10^8$

	Электроны	0,05 – 05 > 0,5	2 · 10 ¹² 5 · 10 ¹⁰
внешний	Протоны	> 0,1	1 · 10 ¹²
	Электроны	0,05 – 1,5 > 1,5	2 · 10 ¹¹ 1 · 10 ⁹
Солнечные космические лучи	Протоны	1 – 104	107 – 108
Галактические космические лучи	Протоны	103 – 1014 для всех групп ядер	
	Ядра гелия		3 · 104
	Легкие ядра (Z* = 3 – 5)		3 · 103
	Средние ядра (Z = 6 – 9)		5 · 101
	Тяжелые ядра (Z = 10 – 30)		2 · 102 4 · 101

* Z – порядковый номер элемента в периодической системе Менделеева

Для имитации были выбраны ионы гелия и аргона, имитирующего тяжелые частицы.

Исследовано изменение прочностных свойств поверхности материалов Be, Al, Ni, Cu, Mo, сталей 12X18H10T, 0X16H5M3B при облучении полиэнергетическим пучком ионов He⁺ и Ag⁺. Проведен анализ влияния на величину микротвердости изменения топографии облученной поверхности и распределения внедренных атомов по глубине образцов. При облучении полиэнергетическим пучком ионов увеличение микротвердости связано с миграцией внедренных атомов на глубины, в несколько раз превышающие проективный пробег ионов He⁺, Ag⁺. Наиболее полное объяснение глубокого проникновения внедренных атомов удастся получить в рамках моделей, учитывающих действие внутренних напряжений, размерные параметры иона и материала мишени.

Методика эксперимента. Облучение проведено на установке [2], формирующей пучок ионов He⁺ и Ag⁺ с гауссоподобным энергетическим спектром $\Delta = 30 - 40\%$ и величиной средней энергии $E = 7 - 8$ кэВ для He⁺ и 9,4 кэВ для Ag⁺. Ток пучка в обоих случаях находится в пределах $I = 1 - 5$ мкА/см². Давление остаточных газов в области образца не превышало $P = 4 \cdot 10^{-4}$ Па. Температура исследуемых образцов во время облучения контролировалась термпарой и не превышала 50 - 100°С.

Образцы перед облучением подвергали механической обработке на абразивных бумагах с последующей полировкой алмазной пастой и в электролитах. Затем образцы отжигали в вакууме ($P < 4 \cdot 10^{-4}$ Па) в течение 1 часа при соответствующих температурах. Изменение прочностных характеристик поверхности до и после облучения изучалось индивидуально для каждого образца с помощью измерения микротвердости H_{μ} на микротвердометре ПМТ – 3 при разных нагрузках ($P = 2 - 200$ гс). В качестве индентора использована алмазная пирамидка с углом на вершине $\alpha = 136^{\circ}$.

Для оценки влияния шероховатости поверхности, содержания внедренных атомов на измеряемые величины, микротвердости были исследованы процесс формирования рельефа поверхности и изменение величины коэффициентов распыления материалов при облучении пучком ионов с разной шириной энергетического спектра ($\Delta = (6 \pm 4)\%$ и $(30 \div 40) \pm 10\%$). Топография поверхности изучалась с помощью растровой электронной микроскопии на приборах BS-350, РЭМ-100 и с помощью профилометрии на приборах a-Step-

100, ПП-201. Величина коэффициентов распыления определялась методом ступеньки или фотометрическим методом [3].

Таблица 2 – Изменение микротвердости поверхности материалов от дозы облучения D полиэнергетическим пучком ионов гелия

Ni		12X18H10T		0X16H15M3Б	
D, м-2	H _μ , кгс/мм2	D, м-2	H _μ , кгс/мм2	D, м-2	H _μ , кгс/мм2
0	94 ± 14	0	118 ± 15	0	200 ± 15
7 * 10 ²¹	110 ± 15	5 * 10 ²¹	152 ± 15	5 * 10 ²¹	232 ± 15
1,3 * 10 ²²	127 ± 15	2 * 10 ²²	174 ± 15	1 * 10 ²²	307 ± 17

* Величина нагрузки на индентор $P = 50$ гс

Экспериментальные результаты. В таблице 2 представлены результаты измерения микротвердости H_{μ} поверхности образцов (Ni, сталей 12X18H10T, 0X16H15M3Б) после облучения полиэнергетическим пучком ионов He⁺ со средней энергией $E = 7,3$ кэВ. Из таблицы видно, что с увеличением дозы облучения микротвердость поверхности увеличивается на 15% для никеля и на 30-50% для сталей 12X18H10T, 0X16H15M3Б. Облучение полиэнергетическим пучком ионов Ag⁺ со средней энергией $E = 9,4$ кэВ также приводит к увеличению H_{μ} , но зависимость более сложная. Так, например, на рис.2,а представлена зависимость микротвердости от нагрузки на индентор для образцов бериллия, облученных разными дозами Ag⁺. Видно, что микротвердость при нагрузках $P > 100 - 150$ гс существенно уменьшается. Облучение, с одной стороны, смещает эту границу в область меньших значений P , а с другой – в области нагрузок $P < 100$ гс наблюдается повышение H_{μ} с увеличением дозы облучения.

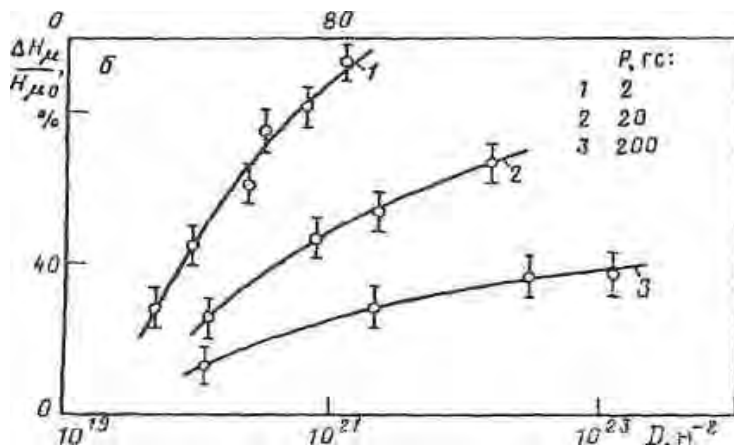


Рисунок 3 – Изменение микротвердости Si от нагрузки и дозы облучения полиэнергетическим пучком ионов Ag⁺ со средней энергией 9,4 кэВ

Для меди наблюдается аналогичная картина. Изменение относительной величины микротвердости $\Delta H_{\mu} / H_{\mu 0}$ от дозы облучения свидетельствует о том, что при дозах

выше $D = (1-2) \cdot 10^{22}$ ион /м² величина $\Delta H_{\mu} / H_{\mu 0}$ выходит на насыщение для всех нагрузок на индентор (рисунок.3). Причем наибольший прирост величины $\Delta H_{\mu} / H_{\mu 0}$ соответствует меньшей нагрузке ($P = 2$ гс). Облучение ионами Ag^+ сталей дает увеличение микротвердости только при дозах $D < 1 \cdot 10^{22}$ ион /м², а для образцов из молибдена изменение H_{μ} находится в пределах ошибки измерения.

Исследование изменения топографии поверхности облученных образцов с помощью электронных микроскопов показывает, что при дозе облучения выше $D = (1-3) \cdot 10^{22}$ ион /м² формирование рельефа в основном заканчивается. Рельеф представляет собой волнистые пористые участки поверхности с выявленными границами зерен. Однако снятые профилограммы поверхности указывают на непрерывное изменение рельефа поверхности в диапазоне доз облучения от $1 \cdot 10^{22}$ до $2 \cdot 10^{23}$ ион /м², причем до доз $D = (5-7) \cdot 10^{21}$ ион /м² рельеф поверхности формируется за счет образования впадин, а при больших дозах облучения формирования рельефа поверхности определяется образованием как впадин, так и выступов. Во всем исследованном диапазоне доз облучения процесса блистерообразования не наблюдается. Сравнительный анализ гистограмм распределения шероховатости поверхности $N(\Delta Y)$ облученных образцов показал влияние дозы облучения и соотношения атомных масс ионов и мишени. Так, например, облучение бериллия полиэнергетическим пучком ионов Ag^+ приводит к незначительному уширению распределения и существенному росту числа мелких неровностей (рис.4, а). Для меди (рис.4, б) ширина распределения $N(\Delta Y)$ существенно увеличивается и достигает значений $\Delta Y = \pm 0,5$ мкм.

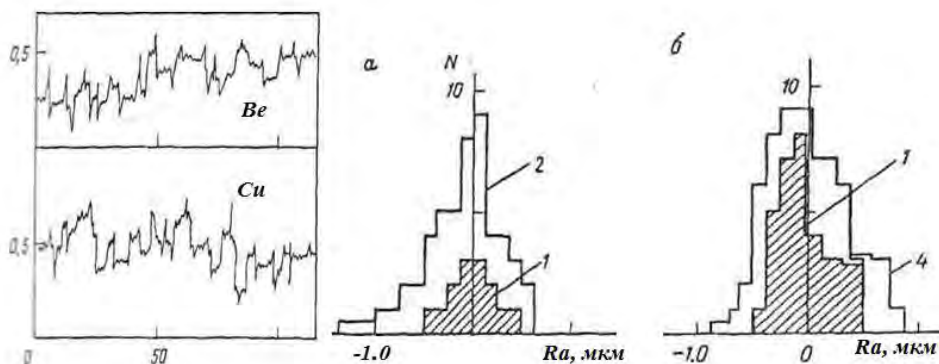


Рисунок 4 – Профилограммы поверхности и гистограммы отклонения рельефа от средней линии образцов Be (а) и Cu (б), облученных полиэнергетическим пучком ионов Ag^+ со средней энергией $E = 9,4$ кэВ. Доза облучения ($\times 10^{21}$ м²) 1 – 0; 2 – 7,5; 4 – 8,7

Измеренные величины коэффициентов распыления при разных значениях средней энергии выявляют некоторые различия при облучении пучком ионов с разной шириной энергетического спектра (рис.5). Так, энергетическая зависимость коэффициента распыления $Sp(E)$ при облучении полиэнергетическим пучком ионов He^+ с величиной Δ , равной 6-10 и 40-50%, показывает, что в диапазоне величин средней энергии $E = 1-(8-10)$ кэВ значения Sp с $\Delta = 40-50\%$ выше на 20-50% чем в случае $\Delta = 6-10\%$. При распылении образцов полиэнергетическим пучком ионов Ag с $\Delta = 10$ и 40% различий в ходе зависимостей $Sp(E)$ не наблюдается. С увеличением дозы облучения выше $D = 1 \cdot 10^{23}$ ион/м² значения коэффициентов распыления Sp , как правило, снижаются в 1,5-3 раза.

Обсуждение экспериментальных результатов. Полученные данные по изменению микротвердости поверхности образцов, облученных полиэнергетическим пучком ионов

He^+ и Ar^+ , свидетельствуют о влиянии дозы облучения. Наибольший эффект упрочнения поверхности материалов наблюдается при облучении сложнолегированных материалов (сталей 12Х18Н10Т, 0Х16Н15М3Б) ионами He^+ и чистых металлов (Be, Al, Cu) ионами Ar.

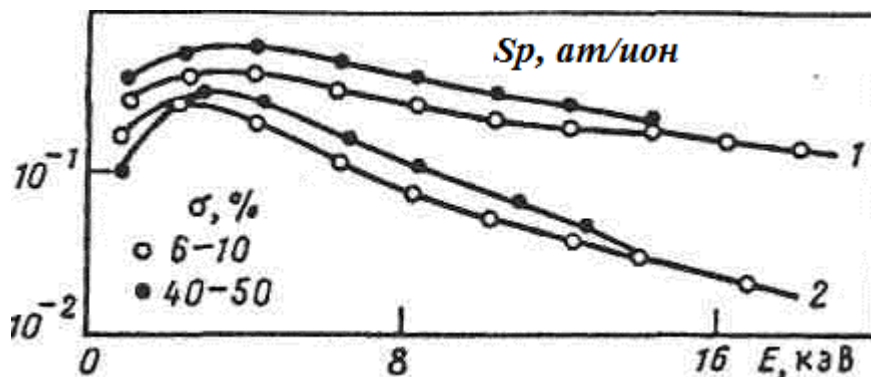


Рисунок 5. Энергетическая зависимость коэффициента распыления S_p при облучении полиэнергетическим пучком ионов гелия образцов Be (1) и Cu (2) ($\Delta = \Delta E/E$, ΔE – ширина энергетического распределения на его полувысоте; E – средняя энергия ионов в пучке)

Как показали результаты исследования топографии поверхности облученных образцов, при воздействии полиэнергетическим пучком ионов рельеф поверхности претерпевает непрерывное изменение. Причем в диапазоне доз облучения $D = 1 \cdot 10^{20} - 1 \cdot 10^{22}$ ион/ м^2 формирование топографии поверхности связано в основном с образованием углублений на участках с характерными линейными размерами $L_0 = 1-10$ мкм. Поскольку изменения рельефа поверхности (образование впадин-выступов) проходят на относительно протяженных участках, их влияние на условия измерения H_u оказываются незначительными. Анализ профилограмм облученных поверхностей и построенных гистограмм отклонений поверхности от средней линии выявляют некоторые отличия в процессе формирования рельефа поверхности для разных сочетаний атомная масса иона – атомная масса мишени, которые заключаются в следующем: при облучении ионами с $M_1 > M_2$ (Ar – Be, Ar – Al) рельеф поверхности определяется образованием впадин-выступов с характерными размерами меньше $\Delta Y < \pm 0,1$ мкм (см. рис. 4, а); при облучении ионами с атомной массой, близкой к массе мишени, $M_1 - M_2$ (He – Be, Ar – Cu) шероховатость поверхности формируется за счет образования как впадин, так и выступов с величиной отклонения $\Delta Y < \pm 0,5$ мкм, что подтверждается изменением гистограмм распределения $N(\Delta Y)$ (см. рис. 4, б).

Полученные результаты свидетельствуют о наличии нескольких процессов формирования рельефа поверхности при облучении материалов полиэнергетическим пучком ионов He^+ и Ar^+ которые, видимо, связаны с особенностью развития каскадов смещения в приповерхностных слоях материалов [4, 5].

Анализ зависимостей коэффициентов распыления $S_p(E)$ материалов при распылении полиэнергетическим пучком ионов He^+ позволяет сделать заключение, что одновременное, облучение ионами разных энергий приводит к изменению состояния приповерхностного слоя, ответственного за выход смещенных атомов к поверхности (например, более интенсивное образование дефектов и снижение энергии связи атомов в приповерхностном слое). В результате чего вероятность выхода в вакуум смещенных атомов увеличивается и коэффициент распыления растет. Отсутствие различий в $S_p(E)$ при распылении

полиэнергетическим пучком ионов аргона с разной величиной Δ , по-видимому, связано с наличием релаксационных механизмов, которые интенсивно действуют при облучении тяжелыми ионами [6,7]. Обнаруженное изменение величин коэффициентов распыления с увеличением дозы облучения, видимо, связано, с одной стороны, с формированием равновесного рельефа поверхности, а с другой – с образованием стабильной дефектной структуры в приповерхностном слое [8].

Литература

1. Акишин, А. И., Новиков, Л. С., Космонавтика, астрономия / А. И. Акишин, Л. С. Новиков // 3/1985. – М.:Знание. – 1985.
2. Волков, Н. В., Калинин, Б. А. Ионный ускоритель ВОКАЛ / Н. В. Волков, Б. А. Калинин // Материаловедческие вопросы атомной техники. – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – С. 64 - 67.
3. Плешивцев, Н. В. Катодное распыление [Текст] / Н. В. Плешивцев // М.: Энергоатомиздат. – 1967.
4. Almen, O. E., Bruce, G. The experiments for bombardment and sputtering gas ions [Text] / O. E. Almen, G. Bruce // J. Nucl. Instr. Methods. 1961. V. 11. P. 257 – 263.
5. Berich, R. Sputtering by particle bombardment [Text] / R. Berich // J. Solids. – 1981. – P. 281.
6. Бериш, Р. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой [Текст] / Р. Бериш // М.: Мир. – 1984.
7. Мейер, Дж., Эрикссон, Л., Дэвис, Дж. Ионное легирование полупроводников [Текст] / Дж. Мейер, Л. Эрикссон, Дж. Дэвис // М.: Мир. – 1973.
8. Лейман, К. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование элементарных дефектов [Текст] / К. Лейман // М.: Атомиздат. – 1979.

Внедрение усовершенствованной технологии диспетчеризации мобильных подразделений МЧС РФ с применением защищённых терминалов спутниковой связи

А.Д. Селецкий, студент,

Е.А. Хуртин, доцент, кандидат технических наук,

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

В статье приведены особенности применения терминалов спутниковой связи мобильными подразделениями. Приводится анализ состояния оперативно диспетчерского управления и взаимодействия с мобильными подразделениями, выполняющими ответственные задачи в отдаленных регионах и зонах с ограниченными условиями связи; рассмотрены тенденции, и перспективы развития систем спутниковой связи, их возможности и преимущества в решении вопросов управления малыми мобильными подразделениями; представлены предложения по использованию мобильных спутниковых терминалов для решения задач оперативного управления малыми мобильными подразделениями.

Спутниковые системы связи, оперативно-диспетчерское управление, корпоративные сети спутниковой связи, мобильные подразделения, мобильный спутниковый терминал.

Features improved technologies of dispatching of mobile units emergencies ministry using protected satellite communication terminals

A.D. Seletskiy, student,

E.A. Khurtin, Lecturer, candidate of mehniceskix sciences,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The article presents the application features of satellite terminals by mobile units . There is demonstrated an analysis of the state of dispatching management and interaction with mobile units that perform important tasks in remote areas and areas with limited communication conditions; examined trends and prospects for the development of satellite communications systems , their features and benefits in addressing the management of small mobile units , presented proposals for using of the mobile satellite terminals for solving the operational management of small mobile units.

Satellite communication systems, operational control, corporate satellite network, mobile units, mobile satellite terminal.

Надёжная и устойчивая телефонная связь, высокоскоростной доступ в Интернет и быстрая передача данных давно стали неотъемлемой частью жизни людей. В городах все эти вопросы давно и успешно решаются при помощи выделенных каналов проводной или беспроводной связи. Однако, как только возникает необходимость в высокоскоростном обмене информацией в отдалённых регионах, за пределами действия существующих операторов связи, то сразу возникают серьёзные проблемы.

Анализ состояния вопроса на сегодняшний день

В наши дни очень часто во многих отраслях и областях промышленности (таких как электроэнергетика; разведка, добыча и транспортировка энергоресурсов и других полезных ископаемых; лесная промышленность; поморские перевозки; МЧС и прочее) существует необходимость выполнения ответственных работ малыми мобильными подразделениями в отдалённых регионах и зонах с ограниченными условиями связи. Примером таких подразделения являются выездные ремонтноэксплуатационные бригады, работающие на высоковольтных линиях электропередач (ЛЭП), трансформаторных подстан-

циях (ТП), распределительных устройствах (РУ), нефте- и газопроводах, подразделения МЧС при ликвидации последствий природных и техногенных катастроф и т.д. [4].

Даже сегодня на многих важных техногенных объектах и предприятиях, расположенных в отдаленных регионах, средства связи и системы передачи данных в основном являются аналоговыми. Они морально и физически устарели и не соответствуют необходимым требованиям по надежности, достоверности, быстродействию и оперативности [1,2,3,4,5].

В подавляющем большинстве диспетчерских пунктов управления важных объектов и предприятий технической основой автоматизированных систем управления являются персональные компьютеры, не соответствующие требованиям непрерывного технологического контроля и управления. Срок службы персональных компьютеров, работающих в непрерывном режиме, не превышает 5 лет, а срок их морального старения еще короче. Для автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления (АС ОДУ) необходимо применение специальных компьютеров, надежно работающих в непрерывном режиме в комплексе с другими средствами управления технологическими процессами.

Основные задачи оперативно-диспетчерского управления

АС ОДУ должны представлять собой распределенные иерархические системы, все звенья которых должны быть оснащены современным оборудованием, и на каждом уровне должен решаться обязательный базовый комплекс задач, обеспечивающий выполнение основных функций оперативно-технологического управления предприятием или отраслью:

- текущего управления;
- оперативного управления и планирования;
- контроля и управления предприятием;
- планирования и управления ремонтными работами;
- планирование и управление перевозками;
- оперативного управления устранением возможных аварийных ситуаций и ликвидацией их последствий.

Целью создания АС ОДУ является повышение экономичности и надежности распределения ресурсов за счет обеспечения максимальной эффективности оперативно-технологической деятельности пунктов ОДУ путем комплексной автоматизации процессов сбора, обработки, передачи информации и принятия решений на основе современных информационных технологий.

А создание таких современных АС ОДУ, управляющих малыми мобильными подразделениями, выполняющими задачи в отдаленных регионах с ограниченными условиями связи, возможно только на основе применения современных систем спутниковой связи и передачи данных. Это единственный и наиболее верный способ успешного решения задач мобильными подразделениями в отдаленных регионах и зонах с ограниченными условиями связи.

Мобильные спутниковые технологии дают возможность использовать быстрые каналы передачи данных, позволяющие принимать и отправлять электронную почту, файлы, обращаться к базам данных, корпоративным сетям, просматривать Интернет страницы, проводить видеоконференции. Вне зависимости от территориального расположения филиалов компании спутниковые сети позволяют их легко объединить между собой и с головным офисом, а частные пользователи могут без проблем передавать большие массивы данных, например, фотографии.

Важнейшими особенностями мобильных спутниковых систем являются высокая конфиденциальность и полная независимость не только от наземных сетей, но и от любых других способов телекоммуникаций. Также следует учитывать постоянное уменьшение габаритных размеров и веса мобильных спутниковых терминалов, предназначенных для передачи данных. Уже сейчас на рынке существуют модели, по этим и ряду других параметров практически не уступающие обычным сотовым телефонам, что делает данный вид связи гораздо более доступным и эффективным.

Тенденции и перспективы развития

Мировые тенденции развития систем управления и связи неразрывно связаны с повсеместным переходом к цифровым технологиям, обеспечивающим возможность создания интегрированных иерархических систем, в которых самые нижние иерархические звенья (малые мобильные подразделения, работающие в зонах с ограниченными условиями связи) неразрывно связаны не только с местными средними звеньями управления, но и с верхними звеньями управления.

Основой перехода к цифровым технологиям является техническое перевооружение и модернизация системы связи и телекоммуникаций с резким увеличением объема и скорости передачи информации. Поэтапный переход к цифровым интегрированным системам управления будет определяться этапами внедрения единой цифровой системы связи и займет не менее 10...15 лет [1,2,3,4,5].

Стремительное развитие средств вычислительной техники и телекоммуникаций, систем спутниковой навигации, цифровой картографии, успехи микроэлектроники и другие технологические достижения, непрерывное совершенствование стандартного и прикладного программного и информационного обеспечения создают объективные предпосылки для все более широкого применения и развития качественно новой области знаний – геоинформатики. Она возникла на стыке географии, геодезии, топологии, обработки данных, информатики, инженерии, экологии, экономики, бизнеса, других дисциплин и областей человеческой деятельности. Наиболее значимыми практическими приложениями геоинформатики как науки являются геоинформационные системы (ГИС) и созданные на их основе геоинформационные технологии (ГИС-технологии).

Аббревиатура ГИС существует уже более 30 лет и первоначально относилась к совокупности компьютерных методов создания и анализа цифровых карт и привязанной к ним тематической информации для управления муниципальными объектами.

Уже первые опыты использования ГИС в качестве информационно-справочных систем во многих областях человеческой деятельности показали безусловную полезность и эффективность их использования для решения следующих задач:

- паспортизации оборудования важных, ответственных и опасных объектов с их привязкой к цифровой карте местности и другим аналогичным объектам данного региона;
- учета и анализа технического состояния ответственного оборудования, расположенного в отдаленных регионах, и режимов его работы, (ЛЭП, ТП, РУ, нефте- и газопроводы и т.д.);
- позиционирования и отображения на цифровой карте мест возникновения пожаров, наводнений, землетрясений и других опасных природных явлений, угрожающих важным объектам, расположенным в данных регионах;
- позиционирования и отображения на цифровой карте мест нахождения выездных эксплуатационно-ремонтных бригад, выполняющих работы по техническому обслуживанию оборудования или устранению неисправностей, ликвидации аварийных ситуаций и их последствий и т.д.

В последние годы наметилась вполне определенная тенденция разработки интег-

рированных систем инженерных коммуникаций на единой топографической основе городов, районов и областей, включающих в себя тепловые, электрические, газовые, водопроводные, телефонные и другие инженерные и транспортные сети, а также важные и опасные техногенные объекты.

Возможности и преимущества систем спутниковой связи

Проведенный анализ существующих современных систем спутниковой связи и передачи данных позволил определить их основные возможности и преимущества:

- полная независимость от наземной инфраструктуры и сжатые сроки развертывания сети;
- легкая интегрируемость в уже созданную наземную телекоммуникационную инфраструктуру корпоративных сетей организаций;
- высокий уровень защиты и безопасности информации;
- многофункциональность используемого оборудования;
- возможность наращивания общей пропускной способности корпоративной сети и возможность ее динамического перераспределения между отдельными узлами или направлениями;
- возможность дистанционного управления корпоративной сетью непосредственно из главного офиса организации;
- широкий спектр услуг и клиентских приложений;
- возможность выбора из широкого спектра предложений только одного

Исполнителя, ответственного за весь цикл работ по созданию и эксплуатации спутниковой корпоративной сети;

- возможность минимизации капиталовложений и эксплуатационных расходов.

Спутниковые системы связи и их краткое сравнение.

Корпоративные сети спутниковой связи

Корпоративные сети спутниковой связи позволяют эффективно объединять территориально удаленные подразделения и филиалы организаций и обеспечить качественную связь на высоких скоростях. Организация спутниковых корпоративных сетей связи для передачи данных и голосового трафика, высокоскоростного доступа к сети Интернет и внутрикорпоративной телефонной связи. Современное оборудование спутниковых систем связи позволяет организовать связь центрального офиса организации с удаленными филиалами и малыми мобильными подразделениями, выполняющими задачи в любом регионе России, в зонах с ограниченными условиями связи. При этом стоимость решения не будет зависеть от расстояния между соединяемыми абонентами.

Проведенные исследования показали, что одним из наиболее предпочтительных вариантов является построение корпоративной сети связи на основе технологии VSAT (двусторонняя спутниковая связь) на оборудовании компании Hughes Network Systems, ведущего мирового производителя широкополосных спутниковых систем. Основные возможности и преимущества использования технологии VSAT [1,2,3,4,5,6,7,8]:

- полноценные услуги связи в любой точке зоны охвата спутника без какой-либо привязки к наземной инфраструктуре: корпоративная передача данных, Интернет, IP телефония (в т. ч. с выходом в ТфОП), видеоконференцсвязь и др.
- информационная безопасность – функция передачи конфиденциальной информации в отдельной сети, которая позволяет избавиться от несанкционированного доступа к данным.

Спутниковые корпоративные сети, проектируемые через широкополосную спут-

никовую сеть AltegroSky, делятся на две группы: без использования наземных каналов и с использованием наземных каналов связи.

Корпоративные сети без использования наземных каналов связи

Такие сети ориентированы, в первую очередь, на передачу данных и голосового трафика. Во всех точках корпоративной сети Заказчика устанавливаются малогабаритные спутниковые терминалы, которые обеспечивают передачу данных со скоростью 256...819 кбит/с между терминалами с ретрансляцией через ЦУС AltegroSky. Данная конфигурация сети оптимальна для сетей с небольшим трафиком и приложениями, не критичными к задержке в канале, которая составляет в зависимости от типа файла 800-1200 миллисекунд. Задержка в телефонных внутрикорпоративных разговорах будет 600-700 миллисекунд, при этом качество телефонной связи, несмотря на такую задержку будет высоким за счет того, что телефония в спутниковой сети Digesway полностью интегрирована в спутниковую платформу.

Корпоративные сети с использованием наземных каналов связи

Эти сети ориентированы на предоставление максимального полного спектра широкополосных услуг для корпоративных клиентов. Весь трафик от удаленных точек корпоративной сети Заказчика, в которых устанавливаются малогабаритные спутниковые терминалы, передается по спутниковым каналам на ЦУС AltegroSky и далее по цифровому наземному каналу направляется в центральный офис Заказчика. С помощью маршрутизатора данные поступают на сервер локальной сети, а голосовой трафик – на офисную АТС.

Наземный канал связи (скорость 64, 256 или 2048 кбит/с и более) между ЦУС AltegroSky и центральным офисом абонента в Москве или в любом городе России позволяет:

- в несколько раз увеличить скорость передачи информации в спутниковой корпоративной сети (с 256 кбит/с до нескольких Мегабит в секунду);
- снизить время задержки в канале до 350-400 мс;
- обеспечить в сети высококачественную телефонную связь с задержкой 300-350 мс;
- существенно расширить спектр бизнес-приложений и сервисов, поддерживаемых корпоративной сетью.

Спутниковая корпоративная сеть может быть развернута по стране за несколько недель, тогда как строительство наземных линий связи, если это возможно, является более дорогим решением, на реализацию которого требуется несколько месяцев и даже лет.

Выводы и рекомендации

Исходя из проведенных исследований, можно определить основные задачи, требующие решения:

- разработка концепции и перспективной программы развития, модернизации, технического перевооружения и реконструкции предприятий и организаций, имеющих в своём составе АС ОДУ и мобильные эксплуатационно-ремонтные подразделения;
- осуществление обеспечения пунктов ОДУ и мобильных подразделений, выполняющих ответственные задачи в отдалённых районах, современными техническими

средствами, системами управления оборудованием и системами спутниковой связи и передачи данных;

- переход от остаточного к приоритетному принципу выделения финансовых и материальных ресурсов по поэтапной практической реализации этой концепции и программы с пониманием решающей важности опережающего развития систем управления для эффективного функционирования компаний;
- организация системы сертификации и допуска в эксплуатацию отечественного и импортного оборудования для оснащения АС ОДУ отраслей, компаний и предприятий.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2011 № 1944-р «О перечне направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики» Официальная публикация в СМИ: «Российская газета», № 254, 11.11.2011 «Собрание законодательства РФ», 14.11.2011, № 46, ст. 6584.
2. Материалы пленума учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области историко-архивоведения. РГГУ «Институт информационных наук и технологий безопасности». Сборник аннотаций программ учебных дисциплин ОООВПО по направлению подготовки 090900 «Информационная безопасность» квалификация: бакалавр. Профили: «организация и технология защиты информации», «Комплексная защита объектов информации». – М. 2012г.
3. Методические материалы по обучающему комплексу по направлению подготовки 090900 информационная безопасность квалификация (степень) бакалавр и магистр: Санкт-Петербург 2013 г.
4. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Обоснование открытия на ОАО ТРВ базовой кафедры по обеспечению комплексной безопасности предприятий. г. Королев. Сборник научных трудов Информационно-технологического факультета. – ФТА. – 2012г.
5. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Взаимодействие человека, техники и природы: проблема информационной безопасности [Текст] / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Вопросы региональной экономики. – 2010г.
6. Хуртин, Е. А., Селецкий, А. Д. Совершенствование подсистемы информационной безопасности мобильной радиосвязи в системе мониторинга чрезвычайных ситуаций региона – Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества ВУЗов стран Таможенного союза и СНГ. ФТА, Королев, 2013.
7. Воротников, В. Э. Повышение эффективности управления распределительными сетями [Текст] / В. Э. Воротников // Энергосбережение. – № 10. – 2005г.
8. Четверик, В. Н., Эйдуз, А. Г. Развитие и применение спутниковых сетей VSAT в России [Текст] / В. Н., Четверик, А. Г. Эйдуз // Электросвязь: История и современность № 1. – 2007г.
9. Bruce R. Elbert. The Satellite Communication Applications Handbook – Artech House, Inc., 2004 - ISBN 1-58053-490-2.

Информационные технологии оперативного анализа данных

Н.П. Сидорова, к.т.н.,

Н.В. Логачева, к.т.н.,

Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования Московской области

«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область,

В.Ю. Добродеев, магистр Информатики и вычислительной техники,

Московский энергетический институт, г. Москва

Оперативный анализ данных является широко используемой информационной технологией, которая находит применение в различных сферах деятельности. Для решения задач анализа создаются специальные структуры – центры обработки данных, на базе которых функционируют OLAP-системы. На рынке программных продуктов представлено большое количество средств создания OLAP-систем. В статье проводится обзор возможностей наиболее развитых средств разработки OLAP-систем.

OLAP-система, Microsoft Analysis Services, Oracle OLAP, IBM Cognos.

Information Technology for effective data analysis

N.P. Sidorova, Ph.D,

N.V. Logacheva, Ph.D,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training

«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region,

V.Y. Dobrodeev, master of Computer Science and Engineering

Moscow Power Engineering Institute, Moscow

Operational analysis is a widely used information technology, which finds application in various fields. To solve the problems of the analysis are special structures - data centers, which operate on the basis of OLAP-system. In the software market is represented by a large number of tools for building OLAP-systems. The article gives an overview of the most advanced development tools OLAP-systems.

OLAP-system, Microsoft Analysis Services, Oracle OLAP, IBM Cognos.

Растущий объем данных, возникающий в процессе деятельности, все больше осмысливается менеджментом как важный ресурс для развития бизнеса. Поэтому на первый план выдвигается проблема быстрого и корректного анализа больших объемов данных. Во многих сферах успешно развиваются центры обработки данных (ЦОД). По прогнозам аналитического центра CNews Analytics [5] объем рынка средств управления инфраструктурой ЦОД (рис. 1) к 2015 г. может превысить \$1,27 млрд., а оценка среднего роста рынка в период с 2011 по 2015 г. определяется в 30%-40%.

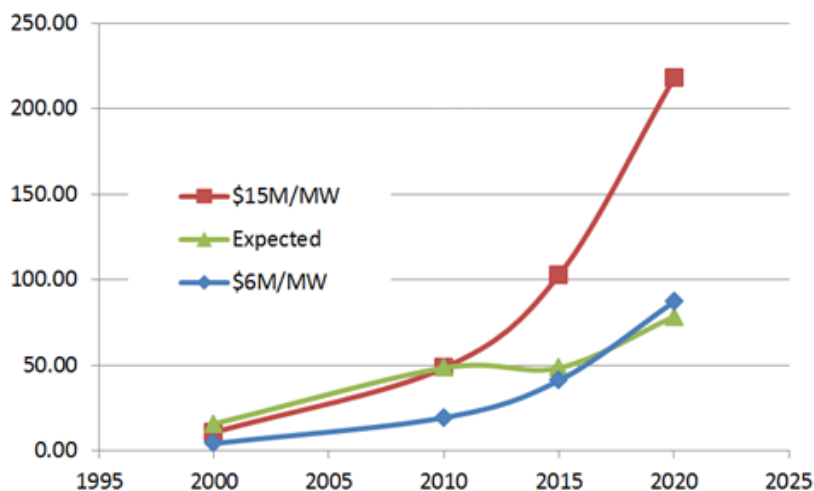


Рисунок 1 – Динамика строительства ЦОД в мире 1995-2025

Источник: Microsoft, 2011

В России по итогам 2013 г. насчитывалось 175 коммерческих ЦОДов (данные iKS-Consulting). Объем этого рынка, по данным iKS-Consulting, составил 4,4 млрд руб. (144 млн долл.). По данным CNews Analytics (рис. 2) в 2011 г. объем рынка составит 178,5 млн долл. при росте в 27%.

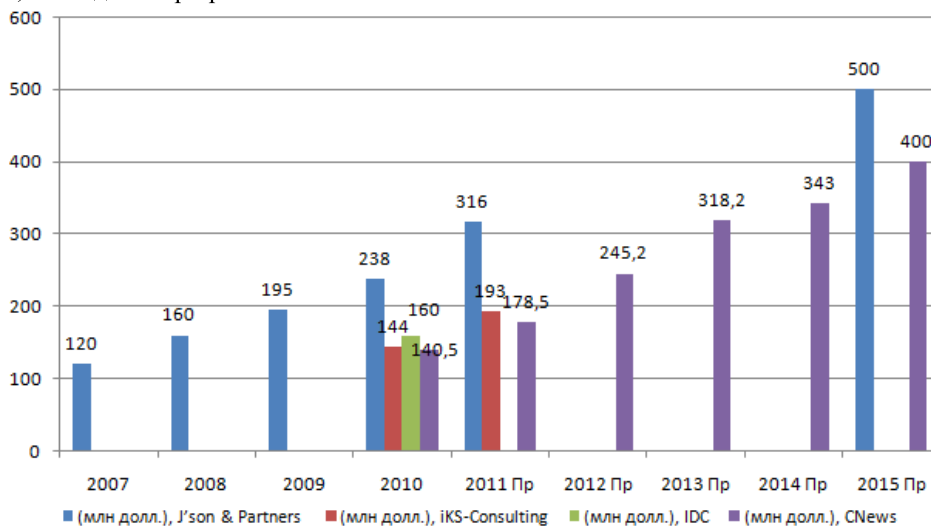


Рисунок 2 – Оценки объема и динамики рынка ЦОД в России по данным разных агентств (млн. долл.)

Источник: CNews Analytics, 2011

Данные, поступающие в ЦОД, как правило, являются данными из транзакционных систем, к которым относятся такие системы как ERP, CRM и др. Эффективное принятие решений с использованием таких данных предполагает использование средств их оперативного анализа, которые позволяют целостную модель решения анализируемой проблемы. Анализ данных используется в любой компании для решения достаточно широкого круга задач: управление продажами, выработка маркетинговых стратегий, форми-

рование корпоративной отчетности и др. В настоящее время использование информационных технологий для анализа данных является важным аспектом управления бизнесом. Для анализа данных применяют различные математические методы: статистические, например, кластерный анализ, который позволяет оценить текущую ситуацию на основе выделения в массиве объектов однородных групп; деревья анализа, которые определяют правила разбиения объектов на группы. Для целей анализа данных в настоящее время широко используют интеллектуальный анализ данных на основе систем Data Mining или Knowledge Discovery in Databases. Они реализуют совокупность методов классификации, прогнозирования и моделирования, общим для которых является использование методов искусственного интеллекта: нейронных сетей, нечёткой логики. Такие методы предназначены для использования в больших базах данных и позволяют отыскивать скрытые закономерности в данных. В данной статье рассматриваются информационные технологии на основе OLAP (online analytical processing), которые в настоящее время расширяют сферы своего применения. Основное преимущество OLAP заключается в его скорости. OLAP-системы позволяют выполнять обработку запросов в несколько раз быстрее, чем реляционные СУБД.

Значение OLAP для пользователей состоит в возможности обеспечить высокую скорость создания отчетов в рамках специализированного хранилища данных, получить данные для выполнения различных видов анализа, разграничить возможности работы для разных групп пользователей в соответствии с политиками безопасности. Основная группа пользователей OLAP-акционеры, руководители предприятий и владельцы бизнес-процессов, руководители подразделений, бизнес-аналитики. OLAP-системы обеспечивают пользователям оперативный доступ к информации, которая представляется в объеме и форме, необходимой менеджеру для принятия решения.

В настоящее время на рынке представлен достаточно широкий выбор инструментов и технологий. Наиболее эффективные из них, по результатам анализа авторитетной аналитической компании Гартнер [6], отражены на магическом квадранте Гартнера (рис. 3).



Рисунок 3 – OLAP-системы

В статье проводится анализ наиболее развитых решений OLAP-систем с точки зрения используемых методов создания моделей данных и средств их обработки.

Microsoft Analysis Services

Microsoft Analysis Services – это часть системы управления базами Microsoft SQL Server, включающая в себя набор средств для работы с OLAP и интеллектуальным анализом данных. Впервые Microsoft включила данную систему в SQL Server 7. Система могла использовать все три разновидности технологии OLAP (MOLAP, ROLAP и HOLAP). В версии продукта Microsoft Analysis Services 2000, включала уже не только собственно OLAP, но и интеллектуальный анализ данных (data mining). Эта система обладала большей гибкостью в проектировании размерности, улучшенным движком вычислений и рядом других преимуществ. Как уже говорилось, система поддерживает три вида хранения многомерной модели данных. При использовании MOLAP обрабатываются сами данные и их агрегаты, которые сохраняются и оптимизируются при помощи специального формата, оптимизированного под многомерные данные. Если применяется ROLAP, то данные и их агрегаты остаются в реляционном источнике данных, благодаря чему не требуется специальной обработки. Если использовать HOLAP, то сами данные будут храниться в реляционном источнике данных, а агрегаты и индексы в специальном формате, оптимизированном для многомерных данных.

Analysis Services [1, 4] поддерживает также наборы программных интерфейсов (API) и объектных моделей. Для извлечения данных могут применяться: ML for Analysis – API нижнего уровня, который может быть использован любой платформой и с любым языком программирования, поддерживающим HTTP и XML; OLEDB for OLAP – расширение OLEDB, основанное на COM и предназначенный для использования C/C++ программам только на Windows-платформе.

Для администрирования системы используются средства: DSO (Decision Support Objects) – для Analysis Services 2000, основанный на COM Automation и предназначенный для программ на Visual Basic для Windows-платформы (реализован в виде набор библиотек, содержащих COM-объекты, которые позволяют создавать и модифицировать многомерные базы данных и содержащиеся в них объекты); AMO – для Analysis Services 2005, основанный на .NET-технологии для программ на платформе .NET

При работе с системой поддерживаются следующие языки запросов:

- 1) Data Definition Language (DDL) – язык определения данных в Analysis Services, основан на XML и поддерживает такие команды как <Create>, <Alter>, <Delete>, <Process> и т.д.
- 2) Data Manipulation Language (DML) – язык манипуляций с данными, включающий в себя следующие разделы: MDX (для реализации запросов OLAP-кубов), SQL (ограниченное подмножество SQL-инструкций для запроса OLAP-кубов), DMX (для запроса моделей интеллектуального анализа данных).

С точки зрения пользователя разницы между способами хранения MOLAP, ROLAP и HOLAP в Analysis Services не существует: обращение к данным при всех этих типах хранения происходит одинаковым образом, аналитические запросы пишутся одинаково. Разница может возникнуть только в производительности при обращении к данным.

Analysis Services используется как компонент корпоративной информационной системы, разработанными Microsoft, например, Microsoft Dynamics AX. В этом случае все необходимые данные предприятия хранятся в рамках корпоративной системы, реализованной на основе реляционной СУБД. Служба OLAP Analysis Services извлекает данные для формирования аналитического отчёта. В этом случае корпоративная система выступает в качестве клиента для OLAP-сервера. Впрочем, благодаря OLEDB for OLAP клиентами для OLAP-сервера Microsoft могут выступать также и другие Windows-приложения, обладающие поддержкой технологии COM. В любом случае, при использо-

вании Analysis Services эта система выступает сервером в клиент-серверной архитектуре.

Analysis Services строится на основе MS SQL Server, который предусматривает возможность многопользовательского доступа к данным. Соответственно те пользователи, которые работают с SQL Server, могут работать и с Analysis Services. В рамках данной системы реализован графический интерфейс для создания и работы с OLAP-кубами. В Analysis Services 2008 для этих целей используется Business Intelligence Development Studio (BIDS). По сути BIDS представляет собой версию Visual Studio, программного продукта для разработки приложений в операционной системе Windows. Однако в BIDS присутствует ряд дополнительных типов проектов для разработки решений в сфере бизнес-аналитики. Для создания OLAP-куба предназначен проект Analysis Services. При создании проекта имеется возможность определить источники данных, определить измерения, иерархию измерений и другие необходимые свойства создаваемого куба. При этом процесс разработки проекта оформлен в виде мастера. На основе описания куба при создании формируется его визуальное представление. Если пользователь ранее имел опыт работы с приложениями Microsoft (например, программами из пакета Office), то ему будут понятны и функции работы в среде BIDS.

Так как Analysis Services входит в состав Microsoft SQL Server, то и служит для работы именно с этим хранилищем данных. Однако имеется возможность для работы со сторонними источниками данных. Для этого используются приложения от сторонних разработчиков. Условием для работы таких приложений является то, что у Analysis Services имеется возможность создавать запросы OLAP или запросы интеллектуального анализа данных, необходимые решению бизнес-аналитики. Программа, которая используется для соединения и работы с источником данных, называется поставщиком данных. В настоящее время [3] поддерживается работа со следующими источниками данных:

- SQL Server 7.0 с помощью поставщика SQL OLE DB или собственного поставщика данных .NET OLE DB;
- SQL Server 2000 с помощью поставщика SQL OLE DB или собственного поставщика данных .NET OLE DB;
- SQL Server 2005 с помощью поставщика OLE DB для собственного клиента SQL Server или управляемого поставщика SqlClient.NET;
- SQL Server 2008 с помощью поставщика OLE DB для собственного клиента SQL Server или управляемого поставщика SqlClient.NET;
- SQL Server 2008 R2 с помощью поставщика OLE DB для собственного клиента SQL Server или управляемого поставщика SqlClient.NET;
- Параллельное хранилище данных SQL Server 2008 R2 (PDW) с помощью поставщика OLE DB для SQL Server PDW или управляемого поставщика для SQL Server PDW;
- База данных SQL Azure с помощью поставщика OLE DB для собственного клиента SQL Server или управляемого поставщика SqlClient.NET;
- Oracle 9.0 с помощью поставщика Microsoft OLE DB для Oracle или собственного поставщика данных .NET OLE DB;
- IBM DB2 8.1 с помощью поставщика Microsoft OLE DB для DB2 (x86, x64, ia64), доступного только для MicrosoftSQL Server 2005 Enterprise Edition или MicrosoftSQL Server 2005 Developer Edition и загружаемого как часть пакета дополнительных компонентов для MicrosoftSQL Server с пакетом обновления 1 (SP1);
- Access с помощью поставщика Microsoft Jet 4.0 OLE DB;
- Teradata v2R6 с помощью поставщика OLE DB 1.3 от NCR;

-
- Управляемый поставщик Teradata.

Таким образом, Analysis Services способна работать с различными источниками данных, основанных на использовании реляционного подхода к их построению.

Модели анализа данных определяют, как будут использоваться данные для решения конкретной задачи. В Analysis Services модели анализа можно строить на основе целого ряда алгоритмов. Например, если планируется применять модель для прогнозирования дискретных значений, то (согласно рекомендации Microsoft) следует применять алгоритмы кластеризации и Байеса. Модель анализа позволяет определить правила группировки фактов, осуществлять прогнозирование.

Результаты обработки в Analysis Services хранятся отдельно от данных. Например, сами данные могут храниться в реляционной структуре, а вот результаты в специальном формате, оптимизированном для многомерных данных. В дальнейшем для доступа к многомерным данным используется специальный язык запросов. Благодаря этому манипуляции с OLAP-кубом отделены от действий с ячейками таблиц данных.

В итоге можно отметить, что в целом Microsoft Analysis Services является полнофункциональной OLAP-системой. Для неё разработчики Microsoft предусмотрели интеграцию с целым рядом своих продуктов. Имеется возможность для работы не только с MS SQL, но и программами из пакета Office, с SQL Azure (то есть с облачными средствами), с корпоративными информационными системами. Это позволяет использовать всю имеющуюся информацию для оперативного анализа. Для построения и визуализации куба используется специальная среда BIDS. Для тех, кто часто работает с продуктами Microsoft (в частности MS Access), этот интерфейс является интуитивно понятным (так как компания придерживается единого стандарта при проектировании интерфейса). При этом для данной аналитической службы существует поставщик данных и для Oracle. Удобство для разработчиков состоит ещё и в том, что имеется возможность работы с кубом через .NET Framework а также в наличии ряда программных интерфейсов. Также существуют наборы объектов для работы с многомерными базами данными. Однако при всех этих достоинствах следует отметить ряд недостатков этой системы.

Во-первых, Analysis Services работает только на компьютерах с операционной системой Windows. В Linux его уже нельзя запускать. Впрочем, хотя эта служба будет запущена на Windows-сервере, возможно реализовать программу для Linux, которая сможет при помощи нужного интерфейса взаимодействовать с этой аналитической службой.

Oracle OLAP

Исторически первой многомерной базой данных считается Express компании IRI, разработанный в 1970 г. Впоследствии права на этот продукт были приобретены компанией Oracle. Эта система под названием OLAP Option стала частью Oracle Database. Следует заметить, что требования к OLAP-системам были выдвинуты Коддом значительно позже. Таким образом, многомерные данные впервые появляются в составе сервера Oracle.

Во многих версиях Oracle Database многомерный движок был реализован в виде Oracle Express. Однако в версии 11g многомерный движок включён непосредственно в систему управления базами данных. Теперь эта система является опцией Oracle Database [2,8]. Она включает в себя набор приложений для планирования, прогнозирования, составления бюджетов. Например, существует достаточно распространённое приложение для финансового анализа Oracle Financial Analyzer.

Для повышения производительности используется специальный тип хранения данных. Дело в том, что OLAP-куб представляет собой достаточно большую структуру (чем больше измерений, тем больше куб). При этом тратится значительное время на чте-

ние его с диска. Благодаря сжатым композитам информация хранится в блоках. При запросе нужного блока он передаётся в оперативную память, где затем распаковывается. Это значительно более быстрый процесс, чем чтение несжатого блока с диска. Однако у этого метода есть и свои недостатки. Например, если требуется обновить какую-либо ячейку памяти, то придётся сначала распаковать блок, затем изменить данные и запаковать обратно. При этом размер блока может измениться и записать его в то же место на диске, где он находился до этого, уже не получится. Ещё один важный момент состоит в том, что все агрегаты на диске хранить практически невозможно, потому что они бы занимали большое количество памяти. Часть агрегатов конечно можно рассчитывать, но на это уже тратятся вычислительные ресурсы. В Oracle OLAP существует такое понятие как карта агрегации, где описано, какие агрегаты нужно вычислять, а затем хранить на диске, а какие вычислять непосредственно при запросе к кубу. В версии 11g появился новый тип расчёта агрегатов: Cost-Based Aggregation. Эта система рассчитывает наиболее сложные агрегаты и хранит их в кубе. При этом есть возможность определять процент хранимых агрегатов. По умолчанию это 20 – 30% агрегатов. Если установить это значение равным 100%, то все агрегаты будут рассчитываться заранее и сохраняться на диск. Все эти средства позволяют ускорить обработку данных.

По сравнению с предыдущими версиями упрощена работа с кубом через SQL. Если раньше требовалось проделать достаточно много дополнительной работы. Теперь механизм стал более понятным. Запрос направляется непосредственно к движку OLAP, имеется возможность объединять в результатах выполнения запроса данные из куба с обычными реляционными данными. Это в частности позволяет добавлять к агрегатам детальные сведения. Для этих целей служит конструкция CUBE_TABLE, которая эффективно работает в связке с SQL. Впрочем, если нужно добавить свой объект для вычислений, он не будет доступен при использовании SQL.

Перечень измерений находится в таблице, что позволяет добавить их достаточно большое количество. Если требуется добавить измерение, то запись о нём делается в таблице. Затем уже происходит обработка куба для добавления в него нового измерения.

Сам OLAP-куб хранится в базе данных в виде BLOB (Binary Large Object) – больших двоичных объектах. Это в частности даёт преимущества при резервном копировании, восстановлении и безопасности.

Таким образом, для Oracle OLAP можно выделить следующие возможности:

- опция OLAP встроена в ядро Oracle Database и выполняется в той же службе, что и реляционная база данных, так что нет необходимости в управлении отдельной, дополнительной службой базы данных;
- OLAP-кубы и измерения безопасно и надёжно хранятся в файлах данных Oracle поэтому нет необходимости в управлении отдельных файлов данных;
- благодаря функциональным возможностям Oracle Database опция OLAP максимально эффективно использует крупномасштабные системы компьютерного аппаратного обеспечения;
- безопасность OLAP-кубов также гарантируется функциями безопасности Oracle Database;
- простой доступ к OLAP-кубам предоставляется через SQL: отправлять запросы в один и тот же куб с легкостью могут как многомерные, так и реляционные приложения.

То есть свойство прозрачности в целом поддерживается. Механизмы работы с многомерными данными во многом похожи на работу с обычной SQL базой данных. Это же позволяет сделать работу с данными интуитивно понятными. Так как многомерный

движок встроен непосредственно в СУБД, то все возможности этой системы применимы и к OLAP. Это в первую очередь относится к многопользовательской работе.

В рамках клиент-серверной архитектуры OLAP выступает в качестве сервера. Для разработки приложений, которые будут обращаться к многомерному движку, существует API на языке Java (Java OLAP API). Для создания представления (VIEW) куба используется Analytic Workspace Manager (AWM). Работа с разреженными данными поддерживается за счёт механизма секционирования. При этом разные части одной таблицы ведут себя как таблицы меньшего размера со своими собственными локальными индексами. При запросе к основной таблице оптимизатор определяет, к каким секциям нужно обращаться при выборке. Также в Oracle представлен ряд функций для выполнения различных аналитических вычислений (например, ранжирования).

Oracle OLAP в целом отвечает требованиям, предъявляемым к OLAP-системам, и благодаря включению в систему Business Intelligence достаточно широко используется при решении задач бизнес-анализа.

IBM Cognos

IBM Cognos TM1 – это OLAP система от компании IBM. Кубы, которые в этой системе являются самостоятельными и не основаны на базовой таблице. Вычисления производятся автоматически и с помощью специального набора правил, для описания которых существует специальный язык. Это позволяет осуществлять достаточно сложные расчёты. TM1 интегрирована в Microsoft Excel. При этом имеется веб-интерфейс, разработанный на ASP.NET, позволяющий проводить анализ данных в табличном или графическом виде. TM1 используется для автоматизации процессов бюджетирования, планирования, построения отчётов и анализа данных, составления прогнозов.

TM1 представляет собой MOLAP-систему [3, 7]. При этом рассчитана на пользователей без навыков программирования. Может работать в режиме реального времени, то есть данные передаются в куб, как только их вводит пользователь. TM1 позволяет проводить анализ данных и на основе этого анализа моделировать бизнес-процессы организации и составлять прогнозы.

Многомерный 64-разрядный механизм данной OLAP-службы обеспечивает высокую производительность при работе со сложными моделями, большими наборами данных и потоковой информацией. Имеется возможность производить по требованию финансовый анализ, гибкое моделирование и участие в процессе планирования всех подразделений предприятия. Для отдельных пользователей, рабочих групп и компаний можно создавать отдельные сценарии аналитики. Это увеличивает гибкость за счёт более быстрого реагирования на изменение условий.

Из методов планирования и прогнозирования представлены, например, факторное планирование, составление скользящих прогнозов. При проектировании моделей и доступе к данным учитываются особенности бизнес-процесса, получаемая информация представлена в распространённых форматах. Решения для планирования быстро компонируются и внедряются. Данные из систем и от персонала в различных подразделениях собираются автоматически и согласованно на основе этих решений.

Для построения отчётности в системе Cognos 8 BI реализованы следующие инструменты: Query Studio и Report Studio. **Query Studio** – конструктор отчетов для начинающих пользователей, позволяющий строить сводные отчеты с помощью визуальных методов. Полученный на его основе отчет можно сохранить для последующего использования, распечатать, добавить форматирование и графики. С помощью этого инструмента можно формировать сводные таблицы и плоские отчеты, не прибегая к помощи ИТ-специалистов. В создаваемых отчётах представлена картина на всех этапах: от постановки целей и планирования до измерения показателей выполнения.

Report Studio - инструмент создания профессиональных многостраничных отчетов с произвольной структурой представления информации, который позволяет комбинировать данные из различных источников.

Cognos 8 BI [7] поддерживает широкий спектр источников данных, а именно:

- реляционные (IBM, Oracle, SQL, Teradata, Sybase, ODBC и т. д.);
- на основе Интернет-технологий (XML, JDBC, LDAP, WSDL);
- хранилища данных OLAP (Cognos PowerCubes, Cognos Planning Contributor Cubes и Cognos Finance Cubes, Microsoft OLAP, IBM DB2/OLAP, Hyperion Essbase, SAP Business Warehouse (BW), ROLAP).

Расширенная возможность сопоставления данных из разных источников для одного отчета – одно из наиболее важных нововведений Cognos. Теперь разработчики отчетов могут комбинировать и связывать данные из произвольного набора источников (реляционная база данных, XML, Excel, OLAP и другие источники) в едином представлении, доступном для пользователей. Такая связь может существовать как в режиме реального времени, так и на основе создания хранилищ или витрин данных с помощью предлагаемых механизмов извлечения и преобразования информации (ETL-средства).

В интегрированной системе Cognos 8 реализован компонент **Analysis Studio**, **предназначенный для** анализа данных, сформированных с применением OLAP-технологий. Данный компонент расширяет возможности Cognos TM1 за счет следующих возможностей:

- поддержка прямого доступа к большому количеству OLAP-платформ: Cognos PowerCubes, Cognos Planning Contributor Cubes and Cognos Finance Cubes, Microsoft OLAP, IBM DB2/OLAP, Hyperion Essbase;
- полная интеграция с другими инструментами Cognos 8 BI (возможность доработки и использования в Report Studio отчетов, полученных в Analysis Studio, передача данных и управления в другие компоненты системы, внесение подготовленных отчетов в персональные страницы);
- поддержка ROLAP-моделей;
- расширенные возможности работы с измерениями (поддержка условного отображения содержимого измерений по различным критериям, например, независимые Top 10 позиций в каждой подгруппе для многоуровневых отчетов);
- фильтрация и сортировка данных и измерений по условиям «И» и «ИЛИ»;
- создание, сохранение и повторное использование настраиваемых подмножеств, позволяющих комбинировать данные из произвольных измерений, лежащих на различных уровнях иерархии, - это дает возможность проводить анализ данных, не ограничиваясь заданной структурой измерений;
- улучшенный экспорт отчетов в Excel – поддержка форматирования данных и графического представления информации.

Результаты сравнения рассмотренных OLAP-систем приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения рассмотренных OLAP-систем

Характеристика	Microsoft Analysis Services	Oracle OLAP	IBM Cognos
Методы реализации OLAP-куба	MOLAP, ROLAP, HOLAP	MOLAP, ROLAP	MOLAP, ROLAP
Поддержка различных платформ	нет	есть	есть
Наличие средств администрирования	есть	есть	есть

Поддержка различных источников данных	есть	есть	есть
---------------------------------------	------	------	------

В заключение хотелось бы отметить, что кроме рассмотренных имеется целый ряд других систем как коммерческих, так и свободно распространяемых, например, OLAP-продукты компаний SAP, SAS и др. Впрочем, использование OLAP имеет свои недостатки. В первую очередь это размер самого куба, что вызывает большие объемы обрабатываемой памяти и необходимость применения специальных средств оптимизации выполнения аналитических запросов. Чем больше измерений, тем больше агрегатов. Существует два варианта работы для OLAP-систем: это хранение агрегатов в памяти (на диске) или вычисление агрегатов по запросу. Первый вариант является затратным с точки зрения использования дискового пространства. Второй вариант является более медленным, так как процесс чтения информации с диска всё-таки является достаточно длительным (по сравнению с чтением информации из оперативной памяти). При этом вовсе не обязательно, что данные, необходимые для вычисления агрегата будут находиться рядом. Стоит отметить также и тот факт что, как правило, куб строится на основе баз данных той СУБД, для которой разрабатывалась OLAP-служба. Однако может возникнуть ситуация, когда куб потребуется строить на основе группы баз данных, которые к тому же могут быть созданы в разных СУБД. При этом эти базы данных могут находиться на удалённых компьютерах. То есть OLAP система в этом случае должна иметь возможность работать с другими СУБД и распределёнными системами. Достаточно близко к решению подобной задачи подходят разработчики фирмы Microsoft Analysis Services за счёт того что для других СУБД имеются поставщики данных, IBM Cognos.

Однако, хотя Microsoft и является крупнейшим производителем программного обеспечения, на рынке СУБД лидерство остаётся за Oracle. Это объясняется тем, что Oracle лучше работает на кластерных системах, более производительная и масштабируемая. В крупных распределённых проектах всё же чаще применяется именно эта СУБД. Для Oracle Database имеется поставщик данных, позволяющий обращаться к ней из Analysis Services. Для Oracle OLAP такая возможность не указана. Тем не менее, возможна интеграция продуктов Oracle с многомерной СУБД Essbase. Ранее Essbase разрабатывалась компанией Hyperion. Однако в настоящее время (так как Hyperion является частью Oracle) эта СУБД интегрируется со всеми продуктами этой компании.

Что касается развития подобных систем, то аналитики выделяют ряд направлений. Во-первых, это доступ к OLAP мобильных устройств. В принципе это возможно, так как все вычисления происходят на сервере, а клиенту передаётся только результат. Также OLAP-системы должны будут иметь возможность работать с потоковыми данными (присутствует, например, в TM1), в режиме реального времени (Oracle OLAP). Ещё одной тенденцией является персонализация работы с данными в рамках корпоративной аналитической системы. То есть пользователь работает со своими локальными данными, но у него есть возможность работы и с данными из хранилища корпоративной информации. Также интересным направлением представляется интеграция OLAP и социальных сетей. Это может открыть большие возможности для маркетинговой аналитики.

Развивается и такое направление как in-memory OLAP. Идея состоит в том, что в оперативной памяти компьютера расположена промежуточная база данных, которая считывает нужную информацию с диска, а все построения и вычисления выполняет в ОЗУ. Это действительно может позволить ускорить работу за счёт уменьшения количества обращений к диску. Такая технология в частности реализована в TM1. В связи с тем, что в современных компьютерах заметно растёт количество оперативной памяти, такой подход имеет перспективы.

В связи с возросшим интересом бизнеса к использованию таких систем, в настоящее время появилось еще одно направление, связанное с анализом данных – Big Data (большие данные). Однако, на взгляд авторов, это направление в большей степени затрагивает технические и технологические аспекты хранения и скорости обработки больших объемов данных, не внося пока новых методов их обработки.

В общем, нужно отметить, что существует тенденция к увеличению использования OLAP. Это объясняется тем, что всё большее число систем предлагают эффективное решение для задач аналитики, особенно аналитики финансовой. Автоматизированные системы позволяют учитывать огромные объёмы данных, которые сложно обрабатывать вручную. Программные комплексы, которые предназначены для этих целей, становятся всё сложнее. Они интегрируются с корпоративными информационными системами, применяются в бизнес-планировании и управлении. Эти сложные комплексы идут по пути повышения производительности. Проблему хранения больших объёмов OLAP-куба решают балансом между вычисляемыми и хранимыми агрегатами. Возможно, определённые результаты может дать совмещение OLAP с искусственным интеллектом (а OLAP всё же является одним из методов Data Mining). В развитии OLAP существует множество тенденций и направлений. Со временем станет ясно, какие из них позволят значительно упростить и ускорить процесс анализа информации. Ведь не проанализировав должным образом поступающую информацию, сложно принимать качественные решения.

Литература

1. Microsoft SQL Server Analysis Services 2008 и MDX для профессионалов. М.: Вильямс, 2010. – 1072 стр.
2. Армстронг-Смит, М. Oracle Discoverer. М.: Лори, 2013. – 483 с.
3. Бергер, А. Б OLAP и многомерный анализ данных. СПб.: BHV-СПб. – 2007. – 928 с.
4. Санджай, Сони, Уэйн, Курц. Повышение производительности куба, используя Microsoft SQL Server 2000 Analysis Services. М.: Intersoft Lab, 2008 г. – 426 с.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/free/datacenter/> (Дата обращения 10 мая 2014 г.).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.computerra.ru/95074/bi-magic-quadrant-2014/> (Дата обращения 7 мая 2014 г.).
7. Электронный ресурс. Режим доступа <http://www-03.ibm.com/software/products/ru/business-intelligencem/> (Дата обращения 12 мая 2014 г.).
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.oracle.com/technetwork/database/options/olap/index.html> (Дата обращения 20 мая 2014 г.).

Автоматизированная оценка уязвимостей информационных объектов на основе метода CVSS (Common Vulnerability Scoring System)

В.Н. Соляной, заведующий кафедрой, кандидат военных наук, старший научный сотрудник, доцент,

Е.Д. Амежнова, студент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область

В современном мире существует огромное количество уязвимостей, и специалистам по защите информации требуется помощник по оценке этих уязвимостей. Этим помощником и станет разработанная программа «Defence Assistant».

Результатом исследования является программный продукт, позволяющий оценить имеющиеся уязвимости по степени их опасности. Отчет оценки уязвимостей представляется в виде документа MS Word, в котором содержится перечень оцененных уязвимостей по выбранным объектам, уязвимости ранжированы по степени их опасности (для каждого объекта). После перечня предоставляется информация о наиболее уязвимых объектах и наиболее опасных уязвимостях, а также даются рекомендации по дальнейшей работе.

Работа имеет большие перспективы в развитии. В частности уже сейчас разрабатывается математическая модель по оценке уязвимостей субъектов защищенных информационных технологий (персонала, работающего с конфиденциальной информацией), которая также будет реализована в виде автоматизированного средства.

Уязвимость, оценка уязвимостей, CVSS, ранжирование уязвимостей, аналитик ИБ.

Automated vulnerability assessment information objects based on the CVSS (Common Vulnerability Scoring System)

V.N. Solyanoy, head of the Department, candidate of military sciences, senior researcher, Lecturer,

E. D. Amezhnova, student,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

Today there are a huge number of vulnerabilities and specialists of information security need in help for scoring of vulnerabilities. This work can be made by developed software «Defence Assistant».

The result of the study is a software product that enables you to assess the vulnerability of their risk level. Vulnerability assessment report is presented as a MS Word document, which contained a list of assessed vulnerabilities of selected objects, vulnerabilities are ranked according to their level of dangerousness (for each object). After the list of available information on the most vulnerable and the most dangerous vulnerabilities, and provides recommendations for future work.

This work has great prospects in development. In particular has developed a mathematical model to assess the vulnerabilities personal of secure information technology (staff working with confidential information), which will also be implemented in the form of automated tools.

Vulnerability, vulnerability assessment, CVSS; ranking the vulnerabilities, Analyst of information security.

В современном мире существует огромное количество уязвимостей, и специалистам по защите информации требуется помощник по оценке этих уязвимостей. Этим помощником и станет разработанная программа «Defence Assistant».

В настоящее время есть множество программ для поиска уязвимостей (XSpider, Ревизор сети и т.д.), но дать точную (количественную, а не качественную) оценку найденных уязвимостей они не в состоянии. Созданная программа поможет решить эту проблему.

Автоматизированная оценка уязвимостей информационных объектов выполняется программным средством, написанным на языке программирования Delphi (рис. 1). За основу данного продукта взят метод CVSS (Приложение 1).

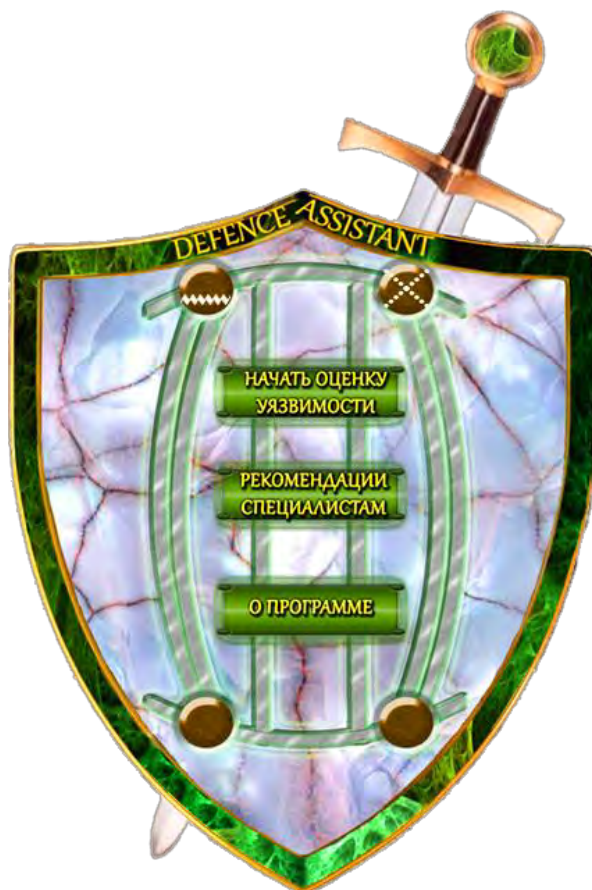


Рисунок 1 – Интерфейс программы «Defence Assistant»

Данная программа является помощником специалистам по защите информации, а именно аналитикам, в определении порядка устранения существующих уязвимостей, также данная программа направлена на разработчиков продуктов для обнаружения уязвимостей – они оценят уязвимости, содержащиеся у них в базах, и их программы будут выдавать не только обнаруженные уязвимости, но и их количественные оценки.

Работа специалиста с данной программой будет выглядеть следующим образом:

1) Специалист по защите информации составляет список объектов оценки и уязвимостей этих объектов (самостоятельно или используя специальные программы).

2) Для определения оценки каждой уязвимости специалист должен ответить на 9 вопросов предусмотренных методом CVSS для получения базовой оценки уязвимости (Рис.2). Если требуется уточнить оценку, то специалисту потребуется ответить еще на 3 вопроса для уточнения по времени, и еще на 2 вопроса для уточнения оценки применительно к конкретной системе. Если специалист затрудняется дать ответ, то он может пропустить этот вопрос, но тогда балл по этому вопросу будет выставлен максимальный, что приведёт к завышенной оценке.



Рисунок 2 – Процесс оценки уязвимостей

3) Когда специалист ответит на все вопросы, ему будет предложено продолжить оценку данного объекта или перейти к следующему.

4) Когда специалист закончит оценку всех уязвимостей для всех объектов, он сможет перейти к результатам оценки.

5) Результаты оценки будут представлены в виде таблицы, содержащей 4 столбца: номер объекта, уровень опасности уязвимости, название уязвимости и оценка опасности уязвимости.

6) Итоговые результаты представлены в виде отчета – документа MS Word (рис. 3). Он содержит таблицу уязвимостей, ранжированную по степени опасности уязвимостей для каждого объекта. Опасность уязвимостей, а также степень опасности уязвимости объекта выражены цветом (в соответствии с качественной оценкой: низкая степень опасности – зеленый цвет, средняя – синий, высокая и критическая – красный).

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

№ объекта	Название уязвимости	Количественная оценка опасности уязвимости	Качественная оценка опасности уязвимости
1	Об.1Уяз.1	5,5	Средний
	Об.1Уяз.5	5,4	Средний
	Об.1Уяз.4	4,3	Средний
	Об.1Уяз.2	4,3	Средний
	Об.1Уяз.10	4,1	Средний
	Об.1Уяз.9	3,8	Низкий
	Об.1Уяз.3	1,5	Низкий
	Об.1Уяз.8	1,5	Низкий
	Об.1Уяз.7	0,6	Низкий
	Об.1Уяз.6	0	Низкий
2	Об.2Уяз.8	10	Критический
	Об.2Уяз.2	8,3	Высокий
	Об.2Уяз.6	7,5	Высокий
	Об.2Уяз.9	6,5	Средний
	Об.2Уяз.3	6,4	Средний
	Об.2Уяз.7	6	Средний

Рисунок 3 – Фрагмент отчета оценки уязвимостей

Также отчет содержит перечень уязвимых объектов (уязвимыми считаются объекты с высокой или критической степенью опасности) или отметку, что таковых не имеется, и рекомендации по устранению уязвимостей (рис. 4).

Выводы по результатам оценки:

1. Уязвимости объектов под номерами 2,4,5,6,7,8,9,10 признаны высокими (критическими).
2. Уязвимости Об.2Уяз.8, Об.2Уяз.2, Об.2Уяз.6, Об.4Уяз.9, Об.4Уяз.6, Об.4Уяз.4, Об.5Уяз.5, Об.6Уяз.6, Об.6Уяз.2, Об.6Уяз.5, Об.6Уяз.3, Об.7Уяз.6, Об.7Уяз.3, Об.8Уяз.5, Об.8Уяз.9, Об.8Уяз.2, Об.9Уяз.2, Об.9Уяз.5, Об.9Уяз.9, Об.9Уяз.1, Об.10Уяз.4, Об.10Уяз.2, Об.10Уяз.5, Об.10Уяз.10 необходимо ликвидировать (или уменьшить их степень опасности) в первую очередь.
3. Оставшиеся уязвимости не представляют серьезной опасности. К их устранению необходимо приступить после ликвидации опасных уязвимостей, руководствуясь ранжировкой в таблице для конкретного объекта.

Рисунок 4 – Вариант рекомендаций по устранению уязвимостей

Таким образом, специалист получит ранжированный список уязвимостей и, руководствуясь им, будет иметь чёткое представление о том, какой уровень опасности имеет та или иная уязвимость, и в каком порядке данные уязвимости следует ликвидировать

или же уменьшить их опасность, если полностью ликвидировать уязвимость не представляется возможным.

Данная работа имеет большие перспективы в развитии. В частности уже сейчас разрабатывается математическая модель по оценке уязвимостей субъектов защищенных информационных технологий (персонала, работающего с конфиденциальной информацией), которая также будет реализована в виде автоматизированного средства.

Приложение 1

Суть метода CVSS

Метод CVSS имеет ряд преимуществ перед другими методами:

- во-первых, этот метод является количественным, а значит, превосходит качественный метод по своей полноте оценки;
- во-вторых, в данном методе вычисления оценки уязвимости используется больше критериев, чем в оценке уязвимостей через показатели риска, поэтому результатом применения этого метода станет оценка, превосходящая по точности оценки, полученные другими методами.

По стандарту CVSS оценка уязвимости вычисляется по следующей формуле:

$$\text{BaseScore} = \text{round_to_1_decimal}(((0.6 * \text{Impact}) + (0.4 * \text{Exploitability}) - 1.5) * f(\text{Impact})),$$

где BaseScore – базовая оценка уязвимости,

round_to_1_decimal – функция округления до десятой,

Impact – влияние на целостность, доступность и конфиденциальность,

Exploitability – легкость эксплуатации уязвимости,

f(Impact)=0, если Impact =0,

f(Impact)=1.176 если Impact >0.

При этом влияние Impact вычисляется по формуле:

$$\text{Impact} = 10.41 * (1 - (1 - C_i) * (1 - I_i) * (1 - A_i)),$$

где C_i – влияние на конфиденциальность,

I_i – влияние на целостность,

A_i – влияние на доступность.

Легкость эксплуатации уязвимости вычисляется по формуле:

$$\text{Exploitability} = 20 * A_v * A_c * A,$$

где A_v – вектор доступа,

A_c – сложность доступа,

A – аутентификация.

Новая версия программы включает возможность уточнения базовой оценки по времени, а затем по окружению. При оценке характеристик уязвимости, изменяющихся с течением времени, используются такие параметры, как возможность использования (Exploitability), наличие возможности устранения уязвимости (Remediation Level) и достоверность информации об уязвимости (Report Confidence).

По стандарту CVSS временная оценка вычисляется по следующей формуле:

$$\text{TemporalScore} = \text{round_to_1_decimal}(\text{BaseScore} * \text{Exploitability} * \text{RemediationLevel} * \text{ReportConfidence}),$$

где BaseScore – базовая оценка уязвимости,

Exploitability – возможность использования уязвимости,

RemediationLevel – существующая возможность исправления уязвимости,

ReportConfidence – достоверность существования уязвимости.

Оценка по окружению позволяет учесть влияние уязвимости на конкретную информационную систему. Учитываются два параметра – потенциальный ущерб от использования уязвимости (Collateral Damage Potential) и количество уязвимых систем (Target Distribution), а также пересчитывается влияние на целостность, конфиденциальность и доступность, в соответствии с важностью сохранения этих параметров в системе.

По стандарту CVSS оценка по окружению вычисляется по следующей формуле:

$$\text{EnvironmentalScore} = \text{round_to_1_decimal}((\text{AdjustedTemporal} + (10 - \text{AdjustedTemporal}) * \text{CollateralDamagePotential}) * \text{TargetDistribution}),$$

где AdjustedTemporal – временная оценка уязвимости, пересчитанная с учетом важности сохранения целостности, конфиденциальности и доступности в конкретном оцениваемом объекте,

CollateralDamagePotential – потенциальный ущерб от использования уязвимости,

TargetDistribution – количество целей (подсистем) объекта при использовании уязвимости.

УДК 004.056

Новые образовательные технологии в подготовке профессионалов информационной безопасности на базе ГБОУ ВПО МО «Финансово технологическая академия»

В.Н. Соляной, к.в.н., доцент, зав. кафедрой информационной безопасности,
А.И. Сухотерин, к.в.н., доцент, доцент кафедры информационной безопасности,
Ф.А. Успенский, студент,

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

Проблема формирования подготовленного кадрового ресурса для новых сфер профессиональной деятельности в современной России становится чрезвычайно актуальной в связи с возникновением отраслей, не имеющих ранее аналогов. Если для традиционных сфер профессиональной деятельности (машиностроение, энергетика, металлургия и т.д.) становление новой отраслевой системы образования происходит в рамках уже существующей, то для новых сфер профессиональной деятельности (например, безопасности бизнеса) необходимо создавать систему подготовки кадров практически с нуля. В связи с интенсивным внедрением системы информационной безопасности в практику работы предприятия (организации) возникает потребность (дефицит) специалистов «специалист (бакалавр) в области безопасности бизнеса», то возникает задача подготовки таких специалистов (бакалавров) для региона на базе ФТА.

Информационная безопасность, информационно-аналитические системы безопасности, новые образовательные технологии.

New educational technologies in training professionals of information security based on Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training

Solyanoy V.N., Financial and technological Academy, head of the Department,
candidate of military sciences, senior researcher, Lecturer,
Sukhoterin A.I. Financial and technological Academy, head of the Department,
candidate of military sciences, Lecturer,
Uspensky F.A. student,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The problem of formation of trained human resource for new areas of professional activity in modern Russia becomes extremely relevant in connection with the emergence of industries that do not have analogues previously. If the traditional specialty areas (engineering, power engineering, metallurgy, etc.) becoming the new industrial system of education takes place in the framework of an existing one, then for new areas of professional activity (eg business security) must establish a system of training from scratch. Due to the intensive implementation of information security system into the practice of enterprise (organization) there is a need (deficit) specialists "specialist (bachelor) in business security", then there is a problem that professionals (bachelors) for the region based on the FTA.

Information security, information and analytical systems security, new educational technologies.

Современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью информационной сферы – совокупности самой информации, и её инфраструктуры, различных субъектов, которые собирают, формируют, распространяют и используют информацию, а также системы регулирования сопутствующих общественных отношений. Неудивительно, что на рубеже тысячелетий появились новая профессия – специалист по защите информации – и новые специальности по обеспечению информационной безопасности, которые весьма популярны у молодежи [1,2].

В Доктрине информационной безопасности, утвержденной Президентом Российской Федерации, говорится, что «национальная безопасность Российской Федерации су-

пественным образом зависит от обеспечения информационной безопасности, и в ходе технического прогресса эта зависимость будет возрастать». Положения этой Доктрины были развиты в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации, утвержденной Президентом Российской Федерации от 7 февраля 2008 года № Пр-212.

В информационной безопасности, как во многих других областях, кадры решают всё. Как обстоит дело с их подготовкой, насколько она отвечает поставленным задачам? Система образования в области информационной безопасности, сформированная в последние 10–15 лет, включает в себя взаимодействующие компоненты в соответствующих областях образования [7]:

- профильные министерства и ведомства;
- органы управления образованием и подведомственные им учреждения;
- учебно-методические объединения, советы и комиссии в области информационной безопасности;
- преемственные государственные образовательные стандарты;
- образовательные программы разного уровня и направленности;
- сеть образовательных учреждений, на основании лицензий обучающихся по этим программам;
- отраслевые научные, проектные, производственные организации и учреждения, ведущие научные исследования.

Для совершенствования данной системы образования были разработаны научные подходы и принципы формирования нового перечня направлений и специальностей по информационной безопасности, а также соответствующих образовательных стандартов третьего поколения [1,2,3,4,5,6,7].

Государство и общество предъявляют строгие требования к подготовке специалистов в области информационной безопасности. Высокая планка закладывается в федеральных государственных образовательных стандартах высшего и среднего профессионального образования (ФГОС ВПО и СПО) [1,2,3,4,5,6,7,8].

За качеством подготовки, помимо Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки, внимательно следят и другие профильные федеральные органы исполнительной власти, а также организации работодателей, непосредственно отвечающие за обеспечение информационной безопасности страны. Причина ясна: цена ошибки специалиста по защите информации государственного или коммерческого информационного ресурса слишком высока [7].

Главной особенностью ФГОС ВПО и СПО является внедрение компетентного и модульного подходов к обучению. Предполагается не просто получение студентами некоторого набора теоретических знаний и практических навыков, а формирование определенных профессиональных компетенций, соответствующих задачам и потребностям, которые ставят перед выпускниками потенциальные работодатели [1,2,7,10].

С внедрением новых стандартов система профессионального образования в области ИБ получает новый облик, отвечающий как политике реформирования образования в стране, так и вызовам развитию информационного общества в России [1,2,3,4,5,6].

Для понимания, кто такой академический бакалавр информационной безопасности, целесообразно ознакомиться с его общими профессиональными компетенциями, которые включают следующие способности [4,5,6,7,8]:

- использовать знания основных естественно - научных законов, применять математический аппарат и выявлять сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;

-
- понимать сущность информации, и её значение в развитии современного общества, применять достижения информатики и вычислительной техники, перерабатывать большие объемы информации, проводить целенаправленный поиск в различных источниках информации по своему профилю, в том числе в глобальных компьютерных системах;
 - по результатам анализа структуры и содержания информационных процессов предприятия, целей и задач деятельности предприятия определять виды и формы информации, подверженной угрозам, типы, возможные методы и пути реализации угроз;
 - формировать эффективный комплекс мер информационной безопасности с учетом правовой обоснованности, административно-управленческой и технической реализуемости, а также оценки экономической целесообразности;
 - организовывать и поддерживать выполнение комплекса мер информационной безопасности, управлять процессом их реализации, учитывая решаемые задачи и организационную структуру предприятия, внешние воздействия, вероятные угрозы и уровень развития технологий защиты информации;
 - организовывать и сопровождать аттестацию объекта на соответствие требованиям государственных или корпоративных нормативных документов.

Проблема формирования подготовленного кадрового ресурса для новых сфер профессиональной деятельности в современной России становится чрезвычайно актуальной в связи с возникновением отраслей, не имеющих ранее аналогов. Если для традиционных сфер профессиональной деятельности (машиностроение, энергетика, металлургия и т.д.) становление новой отраслевой системы образования происходит в рамках уже существующей, то для новых сфер профессиональной деятельности (например, безопасности бизнеса) необходимо создавать систему подготовки кадров практически с нуля. В связи с интенсивным внедрением системы информационной безопасности в практику работы предприятия (организации) возникает потребность (дефицит) специалистов в этой области. Анализ «Квалификационного Справочника по труду» показывает, что в нем отсутствует направление подготовки в области «специалист (бакалавр) в области безопасности бизнеса», то возникает задача подготовки таких специалистов (бакалавров) для региона [1,2,3,4,5,6,7,8,12,13].

Подготовка таких специалистов позволит решать задачи, ранее не включаемые в учебный процесс, а именно, информационное противоборство в бизнес-среде, информационно-аналитическая поддержка безопасности бизнеса, противодействие «черному PR» [6,7,8,12,13].

Для подготовки специалистов в области информационного противоборства в бизнес - среде, в ФТА на кафедре «Информационной безопасности» с 2012 г. ведется разработка ООП ВПО для подготовки, владеющих основами экономики, бизнеса, информационного права, прикладной информатики, информационной безопасности и деловой разведки. Под деловой разведкой понимается легальное добывание и анализ информации из информационного поля бизнес - среды для принятия оптимальных управленческих решений [1,2,3,6,7,8,9,12,13].

При подготовке к внедрению на кафедре ИБ ФТА уделяется внимание разработке и апробации новых учебных программ дисциплин и использованию новых обучающих технологий, максимально приближенных к практике реального бизнеса.

Как считает один из ведущих мировых экспертов в области деловой разведки Иан Херинг «..процесс анализа представляет собой этап в создании знаний (intelligence), при котором разрозненная «сырая» информация перерабатывается в сведения, позволяющие принимать оптимальные управленческие решения». Американским обществом

профессионалов конкурентной разведки (Society competitive intelligence professionals – SCIP) разработан перечень требований, предъявляемых к аналитику (SBA) [12,13]. Разработка перечня базировалась на требованиях разведывательного цикла.

Аналитик ИБ должен уметь выполнять [6,7]:

На первом этапе постановке задачи и планировании операции: совместно с Заказчиком уметь грамотно формулировать задачу; уметь проектировать решение задачи; уметь определять временные, информационные и финансовые ресурсы, необходимые для решения задач; хорошо ориентироваться во внешних и внутренних информационных ресурсах.

На втором этапе сборе информации: знать способы и методы доступа к первичным и вторичным информационным источникам; владеть активными и пассивными методами сбора информации; уметь оценивать качественные характеристики полученной информации (по достоверности, полноте, актуальности и т.д.); знать и соблюдать правовые и этические нормы; знать и уметь работать с новыми информационными технологиями.

На третьем этапе анализе информации: знать основные методы анализа информации; уметь применять методы анализа конкурентной среды (метод ПЭСТ, модели М. Портера, методы «сети связи» и др.), анализа конкурента (метод SWOT, Метод БКГ и др.), методы ситуационного анализа, различные экспертные методы; знать и уметь применять современные информационно-аналитические системы деловой разведки (Интегрум, «Семантический архив» и т.д.).

На четвертом этапе представлении результатов: уметь использовать средства презентации результатов; знать особенности восприятия Заказчиком выводной информации; уметь готовить аналитические документы.

Этот перечень умений и навыков должен быть взят за основу исходя из реалий сегодняшнего дня в рамках подготовки студентов по кафедре информационной безопасности.

В качестве инструментария предлагается использовать: информационные ресурсы сети Интернет, российские базы данных системы Интегрум, крупнейшая в мире онлайн-система БД Lexis-Nexis, другие информационные технологии.

Актуальность открытия этой специальности обусловлена потребностью в квалифицированных кадрах для нового направления деятельности федеральных органов исполнительной власти. Конкретно – ведения аналитического и финансового мониторинга социально-экономических процессов в целях обеспечения экономической безопасности государства и противодействия легализации денежных средств, полученных незаконным путем.

Одним из основных мотивов соискателей (абитуриентов) побуждающих выбирать жребий «информационных стражей» – стремление принадлежать к интеллектуальной элите Родины и находиться на передовых рубежах научно-технического прогресса. Немаловажный фактор это перспективы быстрого служебного роста и, вполне естественно, высокооплачиваемой работы. Образовательные новации раскрывают всё более широкое поприще служения делу защиты информационного пространства России.

Таким образом, указанные положения по подготовке профессионалов информационной безопасности должны базироваться на вышеизложенных образовательных технологиях.

Литература

1. Федеральные законы Российской Федерации: «Об образовании» (от 29 декабря 2012 г. №273) и «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (от 22 августа 1996 г. №125-ФЗ).

-
2. Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2011 № 1944-р «О перечне направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики» Официальная публикация в СМИ: «Российская газета», № 254, 11.11.2011 «Собрание законодательства РФ», 14.11.2011, № 46, ст. 6584.
 3. Типовое положение об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2008 г. №71.
 4. ФГОС ВПО по направлению подготовки 090900 Информационная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр») Приказ Минобрнауки РФ от 28 октября 2009 г. N 496.
 5. ФГОС ВПО по направлению подготовки 090900 Информационная безопасность (квалификация (степень) «магистр») Приказ Минобрнауки РФ от 28 октября 2009 г. N 497.
 6. ФГОС ВПО 090305 по направлению подготовки (специальности) 090305 Информационно-аналитические системы безопасности (квалификация (степень) «специалист») Приказ Минобрнауки РФ от 17.01.2011 N 56.
 7. Материалы пленума учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области историко-архивоведения. РГТУ «Институт информационных наук и технологий безопасности». Сборник аннотаций программ учебных дисциплин ОООВПО по направлению подготовки 090900 «Информационная безопасность» квалификация: бакалавр. Профили: «организация и технология защиты информации», «Комплексная защита объектов информации»//Москва. – 2012г.
 8. ООП ВПО 090900.62 Информационная безопасность, квалификация (степень) выпускника «Бакалавр», форма обучения – очная, нормативный срок освоения программы - 4 года. Утверждена УМС ФТА: Протокол № 01 от «24» сентября 2013 г.
 9. Методические материалы по обучающему комплексу по направлению подготовки 090900 информационная безопасность квалификация (степень) бакалавр и магистр // Санкт-Петербург – 2013 г.
 10. Соляной, В. Н. Обоснование открытия на ОАО ТРВ базовой кафедры по обеспечению комплексной безопасности предприятий [Текст] / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Сборник научных трудов Информационно-технологического факультета / г. Королев. ФТА – 2012г.
 11. Соляной В.Н., Сухотерин А.И.. Взаимодействие человека, техники и природы: проблема информационной безопасности [Текст] / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Вопросы региональной экономики. – №5 (05). – 2010г.
 12. Сайт Американского общества профессионалов конкурентной разведки. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.scip.org>.
 13. Баяндин, Н. И. Технологии безопасности бизнеса [Текст] / Н. И. Баяндин // М.: Юрист. – 2002.
 14. Информационно-методический журнал: «Защита информации» INSIDE №5 сентябрь-октябрь 2013г. 95 с.
 15. Агафонов, А. В. Семинар «Создание моделей образования и формирование образовательных стандартов для Национальной системы противодействия легализации доходов, полученных преступным путём, и финансированию терроризма» // Москва: МИФИ. – 2 июня 2009 года.

УДК 621.31

Основы моделирования скрытых деструктивных частотно-резонансных воздействий малой интенсивности на информационные объекты социотехнических систем

В.Н. Соляной, к.в.н., доцент, зав. кафедрой информационной безопасности,
А.И. Сухотерин, к.в.н., доцент, доцент кафедры информационной безопасности,
М.А. Федоров, зав. лабораторией кафедры информационной безопасности,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Финансово-технологическая академия», г. Королев, Московская область,

В статье рассматриваются основные аспекты методологии моделирования скрытых деструктивных воздействий (ДВ) малой интенсивности на базовые компоненты современных социотехнических систем (СТС).

Показана сущность проявления данных негативных воздействий на основе использования подхода о наличии в природе частотно-резонансных эффектов. Предложена структура обобщенной и частных моделей, которые позволят в дальнейшем выявлять потенциальные источники и актуальные дестабилизирующие воздействия и уязвимости информационных объектов, а также оценивать возможные последствия таких воздействий на отдельные компоненты в целом на всю СТС. Приведены обобщенные математические зависимости в интересах моделирования исследуемых процессов. Предложены классификация и сущность возможных уровней функциональной оценки влияния деструктивных воздействий на СТС.

Для подтверждения получаемых результатов моделирования предложен ряд экспериментальных методов.

Социотехнические системы, информационная безопасность, скрытые деструктивные угрозы (воздействие).

The basics of modeling hidden destructive resonance frequency effects of low intensity on information objects of sociotechnical systems

V.N. Solyanoy, head of the Department, candidate of military sciences, senior researcher, Lecturer,
A.I. Sukhoterlin, head of the Department, candidate of military sciences, Lecturer,
M.A. Fyodorov, head of the laboratory of the Department of information security,
Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training
«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The article deals with the main aspects of the methodology for modeling hidden destructive destabilizing effects of low intensity on the basic components of modern sociotechnical systems.

The content of adverse effects, based on an approach to the presence of naturally-frequency resonance effects examined in the article. The Structure of generalized and partial models, which will further identify potential sources and relevant destabilizing impact and vulnerability information objects and assess the possible consequences of such actions on the individual components as a whole on all STS proposed by the authors. The generalized mathematical dependencies in the interest of modeling the processes are studied. Classification and essence of possible levels of functional assessment of the impact of destructive effects on the STS are developed. Results of modeling can be confirmed by proposed number experimental methods.

Sociotechnical systems, Information security, latent destructive threats (impact).

Бурное развитие современных социотехнических систем в нашем обществе обуславливает дальнейшее повышение требований по обеспечению их безопасного функционирования в различных нестабильных условиях: социальных, технических и природных [1,2,3].

В этих условиях функционирования социотехнических систем (СТС) требуется учитывать все возрастающее число различных дестабилизирующих воздействий (ДВ). Данные ДВ находят свое проявление в различных формах своего проявления:

во-первых, в явном (обнаруживаемом) виде;

во-вторых, в неявном (трудно обнаруживаемом или не обнаруживаемом) виде.

Первая указанная группа дестабилизирующих воздействий относится к традиционным формам своего проявления и в теории и на практике нашла достаточно успешную проработку (исследование).

Вторая группа дестабилизирующих воздействий относится к скрытым воздействиям, как правило, слабой интенсивности и являются трудно обнаруживаемыми существующими инструментальными средствами контроля. Современная наука только приступила к теоретическим исследованиям природы их возникновения и оценке их воздействия на современные социотехнические системы [1,2,3].

Многочисленные фиксации на практике проявления неизвестного, нового, скрытого и нестабильного в поведении (функционировании) отдельных компонентов и/или всей социотехнической системы является серьезной мотивацией целесообразности проведения исследований в данной проблемной области.

Еще в 60-х годах 20 века был установлен резонансный отклик живых биологических объектов при воздействии на них дискретными волнами миллиметрового диапазона.

Как уже отмечалось ранее, основными источниками скрытых деструктивных частотно-резонансных воздействий малой интенсивности на информационные объекты (технические системы и средства, служебные помещения и здания) и субъекты (персонал, клиенты, отдельные граждане, или социумы) современных социотехнических систем следует рассматривать:

1. Люди, источники преднамеренных и непреднамеренных ДВ;
2. Техника, как средства и системы возникновения преднамеренных и непреднамеренных ДВ;
3. Природа, в основном, как источники непреднамеренных ДВ.

Краткий анализ выявленных непреднамеренных скрытых деструктивных воздействий на информационные объекты СТС показал наличие особых природных патогенных зон, классифицируемых как геопатогенные, технопатогенные и социопатогенные [1,2,3].

В результате многолетних исследований в различных странах установлено, что практически во всех помещениях и на участках расположений объектов СТС существуют геопатогенные зоны, вызванные земными и космическими деструктивными скрытыми излучениями, неизвестной природы.

На современные СТС деструктивно воздействуют технопатогенные зоны, вызванные различными излучениями от электромагнитных, электронных, гидравлических и прочих технических устройств и систем, как от собственных компонентов, так и от различных внешних объектови явлений. В частности, персональные компьютеры особенно опасны для людей, если их голова и грудь регулярно находятся близ экрана монитора (в технопатогенной зоне).

Встречаются также и социопатогенные зоны, вызванные энергоинформационными полями на местах агрессивных столкновений людей: сражения и насилие, пытки и казни, смерти и захоронения, неоднократные ссоры и скандалы и т. д.

Длительное, регулярное пребывание людей в патогенных зонах («угнетающих», «возбуждающих», «разрушающих», «отравляющих» и др.) приводит к повышенной усталости, плохому самочувствию, повышенному травматизму, головным болям и другим негативным последствиям – к различным тяжёлым и неизлечимым болезням.

Кроме патогенных зон, на участках строительства и реконструкции крупных объектов могут существовать и другие невидимые или неожиданные опасности. В частности, зоны повышенного риска для прочности и долговечности зданий (сооружений), служебных помещений, спецфургонов и других подобных конструкций. К таким зонам

относят: зоны слабого грунта, плывуна, возможного оползня, карстовые пустоты, зоны пористости и трещиноватости, перенапряжённого состояния и остаточных деформаций, коррозии и разрушения (в несущих системах), зоны предаварийного состояния, тревожные зоны (с угрозой внезапного разрушения, аварии, катастрофы) [1,2,3].

Аналогичные аномалии (дефекты, отклонения) в отдельных структурных компонентах СТС могут быть выявлены и в действующих технических системах, трубопроводах и коммуникациях, относящихся к коммунальным, промышленным, энергетическим и транспортным объектам. Разумеется, профилактическое обследование таких систем повысит степень безопасности объекта для персонала и/или проживающих в здании людей.

С этими опасностями проще всего бороться на этапе проектирования зданий и сооружений, проектирования технических средств и систем, входящих в современные информационные объекты СТС. Для этого надо заранее выявлять патогенные зоны и возможные их деструктивные излучения.

Каждому объемному информационному объекту СТС присущи акустические резонансы. Пропорции объемных объектов, т.е. соотношения длины, ширины и высоты, и определяют резонансные частоты, имеющие огромное значение для воспроизводимых звуковых сигналов, т.к. эти частоты могут усиливаться или же подавляться.

В идеально прямоугольных комнатах, с идеально ровными и отражающими поверхностями (стенами, полом и потолком), эти резонансы могут быть вычислены по следующей, хорошо известной формуле:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2} \quad (1)$$

где n_x , n_y и n_z – целые числа;

L_x , L_y и L_z – это соответственно длина, ширина и высота комнаты.

Для вычисления резонансных частот необходимо перебрать все возможные комбинации из трех целых чисел N_x , N_y , N_z .

Анализ выявленных преднамеренных скрытых деструктивных воздействий на информационные объекты СТС показал наличие наиболее уязвимых субъектов современных СТС, в частности, персонал информационных объектов и прежде всего его управляющее звено (руководящий состав).

К числу основных источников преднамеренных скрытых деструктивных воздействия на человека относят следующие средства: специальные приборные; человек; человек + специальный прибор.

К специальным приборным источникам следует относить: компьютерные психотехнологии; генераторы частотных излучений различных диапазонов волн; аудио- и видеосредства; акустические системы с «интеллектуальным» сигналом (включая инфразвук и ультразвук); оптические средства в видимом, ИК – и ультрафиолетовом диапазонах; биорезонансные системы; генераторы формовых излучений; средства и методы ароматерапии; радиоактивные излучатели малой мощности.

Проведенные исследования показали, что человека можно рассматривать как генератор неких полевых структур (полей), который имеет излучатели и источники энергии. Поле создается некими волнами, а волны имеют свойство колебаться, которое измеряется в герцах. Частота этих полей уходит далеко за пределы возможностей измерений нынешних приборов официальной науки [1,2,3].

Экспериментально установлено, значительное влияние электромагнитных полей

сверхмалых интенсивностей на биологические объекты. Чем меньше сверхслабый уровень неионизирующего воздействия, тем больше его опасность для человеческого организма.

Обзор предшествующих исследований по обеспечению безопасности функционирования современных социотехнических систем показал, что существует достаточно большое количество гипотез по объяснению и оценке отдельных скрытых деструктивных воздействий на различные компоненты таких систем. В тоже время, единого комплексного подхода по анализу данной проблемы в явном виде автором не выявлено.

В данной статье предлагаются для обсуждения общие основы комплексного подхода для анализа (моделирования) выявления и оценки эффективности скрытых деструктивных частотно-резонансных воздействий малой интенсивности на информационные объекты социотехнических систем [1,2,3].

Решение данной научной комплексной задачи предлагается решать последовательно в виде логически увязанных между собой следующих частных задач (этапов), представленных на рисунке 2:

во-первых, понимание сущности возникновения и определение потенциальных различных скрытых информационных воздействий,

исходящих из рассматриваемых внутренних и внешних условий функционирования социотехнических систем (задачи первого этапа);

во-вторых, определение возможного характера действий и параметров выявленных потенциальных скрытых воздействий на отдельные элементы

рассматриваемой социотехнической системы, с учетом выявления имеющихся уязвимостей в ней (задачи второго этапа);

в-третьих, оценка последствий скрытых информационных деструктивных воздействий на отдельные объекты и всю социотехническую систему в целом (задачи третьего этапа).

При рассмотрении указанных частных задач принимается следующая концепция о сущности протекающих информационных процессов СТС – наличие между объектами защиты и источниками скрытых полевых воздействий от протекающих между ними частотно резонансных эффектов:

все материально-вещественные объекты и субъекты окружающего мира можно относить к структурам, обладающие различными полями: гравитационное, электромагнитное, акустическое и т.д.;

материально-вещественные объекты и субъекты имеют атомарно-молекулярные структуры, в основе которых имеются элементарные электрические частицы разных зарядов, постоянно меняющих свое положение в пространстве. Такое перемещение зарядов и вызывает появление собственного фонового электромагнитного поля определенной частоты (в основном в диапазоне низких частот) и малой интенсивности (как правило, ниже уровня собственных шумов измерительной аппаратуры);

все компоненты (объекты и субъекты) социотехнических систем и окружающего мира имеют конкретные собственные размеры (длина, высота, ширина и другие пространственные параметры). С учетом вышеизложенных положений, большинство объектов и субъектов социотехнических систем и окружающего мира можно представить их в виде, соответственно, приемных и передающих объемных резонаторов, настроенных на определенные резонансные частоты (в зависимости от реальных размеров объектов);

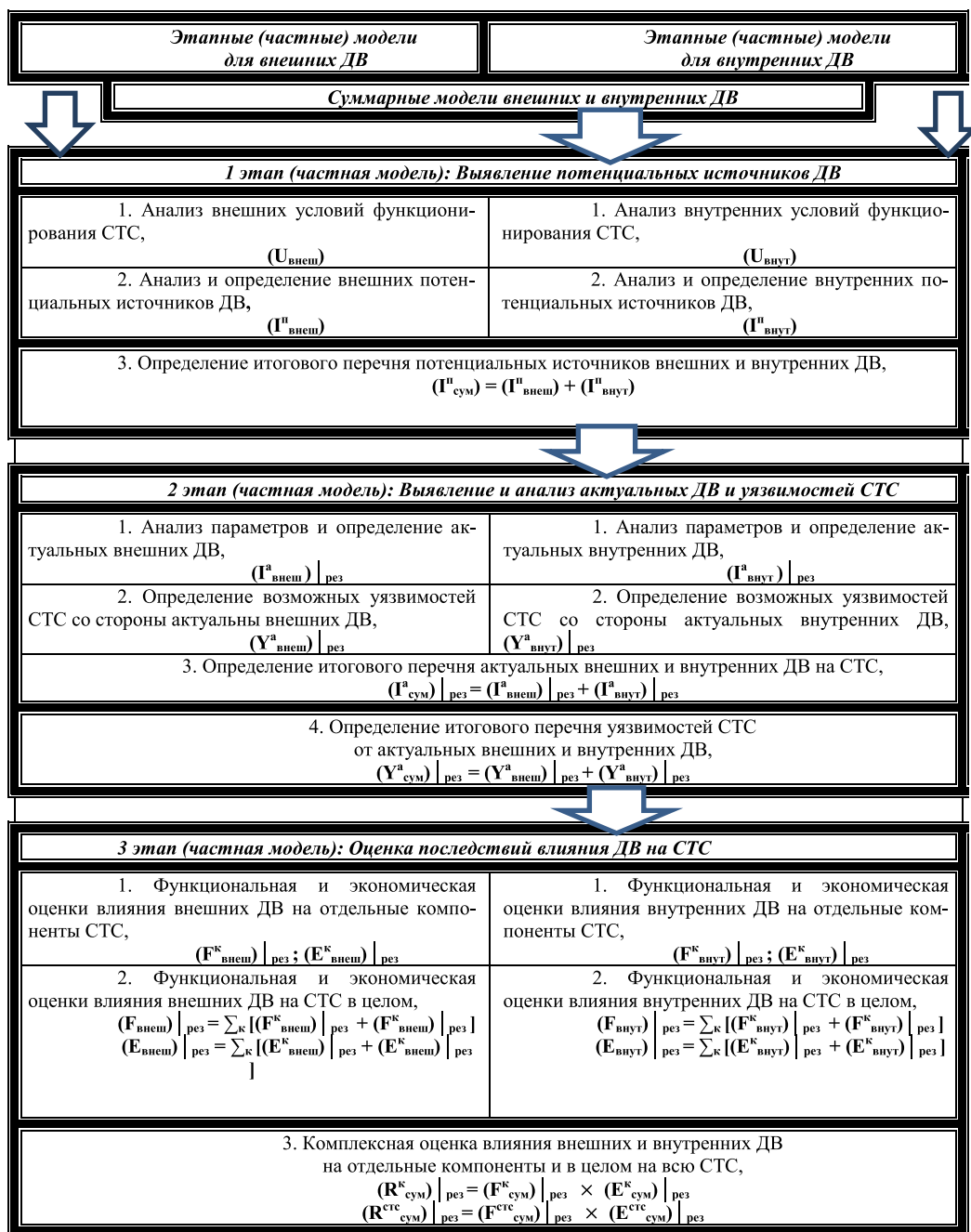


Рисунок 1 – Структура обобщенной модели ДВ на СТС

проявление (в случайных и преднамеренных условиях) резонансного эффекта как в окружающих внутренних и внешних ключевых объектах, так и непосредственно в

анализируемых компонентах современных социотехнических систем: в виде электромагнитных и иных резонансных полевых воздействий, усиленных по интенсивности (за счет эффекта собственного резонанса). Именно такие информационные полевые излучения и следует рассматривать как потенциальные деструктивные низкочастотные излучения слабой интенсивности.

Так как человеческое тело обладает не только электрическим сопротивлением, но и емкостью, то, в результате, можно рассматривать тело человека как аналог некоего колебательного контура. Значит, меняя эти параметры, можно настраивать тело человека на нужные волны, например волну окружающей среды. Когда собственные колебания контура человека равны по частоте с колебаниями внешнего поля, то возникает резонанс – повышение напряжения на концах контура. Следовательно, человек может настраиваться на различные резонансные частоты поля, принимая, например, электромагнитные излучения низкой интенсивности, или излучая резонансные волновые излучения (повышенной интенсивности) [1,2,3].

В качестве практического примера возможности рассмотрения вышеизложенного подхода приведем известные виды ритмов работы мозга человека, диапазоны и эффект их проявления:

- Дельта-волны: менее 4 Гц, эффект-глубокий сон;
- Тета-волны: 4-7 Гц, эффект - обычный сон;
- Альфа-волны: 7-13 Гц, эффект-релаксация, трассовое состояние;
- Бета-волны: 13-40 Гц, эффект-активность, обычная дневная активность мозга;
- Гамма-волны: более 40 Гц, эффект-сильная активность (агрессия или быстрое логическое мышление, решение задач в сложных условиях или при цейтноте).

С учетом изложенного, целесообразно более подробно рассмотреть основные этапы предлагаемой обобщенной модели выявления и оценки ДВ на СТС (рис. 1).

Реализация частных задач (первого этапа) должна предусматривать следующие целесообразные процедуры:

- сначала сформировать модель объекта защиты в виде структурного построения идеализируемой социотехнической системы как совокупность следующих материально-вещественных компонентов: /персонал (люди)/ + /техника и строительные сооружения/ + алгоритмы (информационные процессы и документы);
- далее, построить модель возможных (потенциальных) внутренних и внешних источников скрытых деструктивных информационных воздействий на исследуемую социотехническую систему. При этом в качестве основных групп как внешних, так и внутренних источников скрытых деструктивных воздействий целесообразно рассматривать:
«человек»; «техника»; «природа».

Реализация частных задач (второго этапа) должна предусматривать другие целесообразные процедуры, в частности:

1. Выявление и оценка возможных параметров актуальных деструктивных воздействий:

- используя официальные информационно-справочные ресурсы, применительно к каждому выявленному объекту /источнику возможного деструктивного воздействия/ и потенциальных видов его возможных излучений необходимо уточнить их средние интенсивности и частоты собственных излучений физических полей объектов (электромагнитных, акустических и других видов);

- используя имеющиеся (известные) объемно-пространственные размеры выявленных источников (объектов или отдельных их ключевых компонентов) деструктивных воздействий рассчитать ориентировочно добротности предполагаемых их объемных передающих резонаторов. Величину добротности таких резонаторов ориентировочно можно рассматривать как коэффициент усиления первоначального фонового излучения объектов-источников деструктивных воздействий на резонансной частоте.

Следовательно, можно определить актуальные ДВ и усредненное значение интенсивности деструктивного их излучения, исходящего от анализируемого источника;

2. Выявление имеющихся уязвимостей рассматриваемой социотехнической системы:

- применительно к каждому ключевому объекту (компоненту) СТС необходимо уточнить в официальной литературе их средние интенсивности и частоты собственных излучений физических полей объектов (электромагнитных, акустических и других видов);
- предполагая, что выявленное собственное (фоновое) излучение объекта (компонента) СТС имеет резонансную основу, источником которого можно рассматривать возникающие или имеющие объемные приемно-передающие резонаторы частотных полей разного вида.

Появление или наличие приемных объемных резонаторов в СТС и можно рассматривать как каналы проникновения деструктивных воздействий, т.е. появление уязвимости отдельных компонентов СТС. Возможность проявления резонансного эффекта, усиливает интенсивность выявленных и проникающих ДВ в СТС на величину добротности приемного резонатора.

В целом, наличия в фоновом излучении (ДВ) от рассматриваемых возможных источников частотных сигналов, совпадающих с резонансной частотой приемных объемных резонаторов СТС и учитывая возможность проявления резонансного эффекта, можно рассматривать как появление дестабилизирующей ситуации при функционировании СТС.

3. Реализация частных задач (третьего этапа) должна предусматривать следующие целесообразные процедуры:

- первоначально целесообразно произвести функциональную, а затем и экономическую оценки влияния внешних ДВ, как на отдельные компоненты, так и на СТС в целом;
- в дальнейшем целесообразно произвести функциональную, а затем и экономическую оценки влияния внутренних ДВ, как на отдельные компоненты, так и на СТС в целом;
- в качестве заключительной процедурой необходимо производит комплексную оценку суммарного влияния внешних и внутренних ДВ на отдельные компоненты и в целом на всю СТС.

Таблица 1 – Классификация возможных уровней функциональной оценки влияния деструктивных воздействий на СТС

Основные компоненты СТС	1 уровень (наиболее опасный)	2 уровень (опасный)	3 уровень (менее опасный)
Персонал	Уничтожение (летальные исходы)	Вывод из строя (невозможность выполнять должностные обязанности)	Изменение поведения (ошибки, не – выполнение отдельных задач)

Технические системы	Разрушение системы	Нарушение функционирования системы в целом	Снижение функционирования отдельного компонента системы
Отдельные информационные объекты СТС	Разрушение объекта	Нарушение функционирования объекта в целом	Снижение функционирования отдельного компонента объекта
СТС, в целом	Разрушение СТС	Нарушение функционирования СТС в целом	Снижение функционирования отдельного объекта СТС

В основу построения математической модели комплексной оценки влияния ДВ на СТС можно положить многоэлементный граф взаимодействия основных элементов/множеств/ обобщенной модели (табл. 1) в виде кортежа (2)

$$\langle U, I, Y, F, E, T, Q, S, R \rangle, \quad (2)$$

где U – источники ДВ: $\langle U \rangle = \{u_l\}, l = 1, L$;
 I – угрозы (ДВ): $\langle I \rangle = \{i_k\}, k = 1, K$;
 Y – уязвимости объектов СТС: $\langle Y \rangle = \{y_m\}, m = 1, M$;
 F – функциональные оценки эффективности компонентов СТС: $\langle F \rangle = \{f_j\}, j = 1, J$;
 E – экономические оценки эффективности компонентов СТС: $\langle E \rangle = \{e_n\}, n = 1, N$;
 T – учитываемый промежуток время функционирования СТС;
 Q – количество рассматриваемых объектов СТС:
 $\langle Q \rangle = \{q_d\}, d = 1, D$;
 S – стоимость защищаемого информационного ресурса в СТС: $\langle S \rangle = \{s_q\}, q = 1, Q$;
 R – информационные риски, существующие в СТС:
 $\langle R \rangle = \{r_q\}, q = 1, Q$.

С использованием данного графа (кортежа) можно определить негативные последствия от деструктивных скрытых частотно-резонансных воздействий на отдельные объекты и всю СТС в целом с использованием соответствующих математических операций над вышеуказанными множествами (3)

$$\langle R \rangle = \langle F \rangle \langle \textcircled{E} \rangle, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{где } \langle E \rangle &= \langle F \rangle \langle \textcircled{S} \rangle \langle \textcircled{X} \rangle; \\ \langle F \rangle &= \langle I \rangle \langle \textcircled{Y} \rangle; \\ \langle I \rangle &= \langle U \rangle \langle \textcircled{Q} \rangle. \end{aligned}$$

Существующие исследования в рассматриваемой области позволяют ожидаемые последствия, рассматриваемых в работе деструктивных воздействий на отдельные объекты и, в целом, на всю исследуемую СТС, свести к следующим возможным иерархическим уровням влияния на персонал и технические компоненты (табл. 2).

Для практического подтверждения получаемых результатов моделирования последствий скрытых частотно-резонансных деструктивных воздействий целесообразно использовать следующие экспериментальные методы:

1. Метод эксперимента. Эксперимент проводится в специально созданных усло-

виях, где обеспечивается проявление изучаемого явления.

2. Метод наблюдения. При данном методе осуществляется наблюдение за возможными источниками скрытых деструктивных воздействий и защищаемыми информационными объектами СТС в течении установленного времени. По окончания эксперимента делаются итоговые выводы.

3. Метод опроса (экспертная оценка) и др. методы.

В целом, указанные в данной работе методологические подходы носят в основном поисковый характер и нацелены на своевременное обнаружение и возможность оценки последствий скрытых деструктивных частотно-резонансных воздействий малой интенсивности на современные информационные объекты социотехнических систем различного назначения.

Литература

1. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Взаимодействие человека, техники и природы: проблемы информационной безопасности [Текст] / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Вопросы региональной экономики. – 2010. – Т.5 №5. – С.86-91.
2. Соляной, В. Н. Федоров, М. А. Теоретические основы методик выявления и прогнозирования электромагнитных угроз безопасности функционирования управления космическими системами. Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 150 – летия со дня рождения В. И. Вернадского // 2013. – С.210-214.
3. Тарасов, Ф. И., Федоров, М. А. Анализ проблемы обеспечения энергоинформационной безопасности типового предприятия [Текст] / Ф. И. Тарасов, М. А. Федоров // Наука – промышленности и сервису. – 2011. – № 6-2. – С. 372-380.

Построение и анализ модели процесса по статистическим данным

В.Н. Строителев, д.т.н, профессор,

Е.Д. Штрафина, доцент,

Е.А. Жидкова, преподаватель кафедры «Управление качеством и стандартизацией»,

Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования Московской области

«Финансово–технологическая академия», г. Королев, Московская область

Начальный и основной этап научного анализа бизнес процесса любой направленности включает в себя построение аналитической модели процесса. Для «владельца» процесса подобная модель должна позволять с некоторой степенью доверия проводить оценку и измерение настоящих и будущих (перспективных) характеристик анализируемой продукции, являющейся участником процесса.

Процесс, модель, качество, инновации.

Construction and the analysis of model of process according to statistical data

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

E.D. Shtrafina, Associate Professor,

E.A. Zhidkova, lecturer of the «Quality Management and Standardization» chair,

Moscow region state–financed educational institution of higher vocational training

«Finance and technology academy», Korolev, Moscow region

The initial and main stage of the scientific analysis business of process of any orientation includes creation of analytical model of process. For «owner» of process the similar model has to allow to carry out an assessment and measurement of the present and future (perspective) characteristics of the analyzed production which is the participant of process with some degree of trust.

Process, model, quality, innovations.

Основой для построения аналитической модели процесса служат результаты предыдущего опыта применения аналогичной продукции или результаты планируемых и проведенных экспериментальных испытаний создаваемой продукции. Каким бы сложным ни был процесс, прежде всего, должны быть определены его цели, задачи и конечные результаты. И, в конечном счете, модель должна быть достаточно простой, позволяющей наглядно и с требуемой точностью анализировать процесс, предвидеть его результаты. Следует иметь в виду, что любая модель всегда является лишь приближенной копией реально происходящих преобразований. При выборе аналитической модели всегда необходимо исходить из возможности выбора простейших вариантов, обеспечивающих требуемую точность аппроксимации анализируемого процесса.

Рассмотрим гипотетический пример.

Предположим, что по результатам проведения и исследования некоторого бизнес процесса получены значения входного (X) и выходного (Y) показателей качества продукции. Соответствующие численные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица процесса испытаний продукции

X	Y
1	2
2	5
3	9
4	15

5	9
6	5
7	7

По набору экспериментальных данных желательно построить аналитическую модель процесса, которая бы позволяла с требуемой точностью и достоверностью предсказывать и другие пары значений (x_i, y_i) , как внутри анализируемого диапазона значений, так и за его пределами. Имея аналитическую модель, в дальнейшем можно прогнозировать рациональное распределение ресурсов, предвидеть возможные изменения и принимать меры для устранения негативных последствий.

Варианты различного вида аналитических моделей, построенные по результатам экспериментальных исследований, приведены в таблице 1.

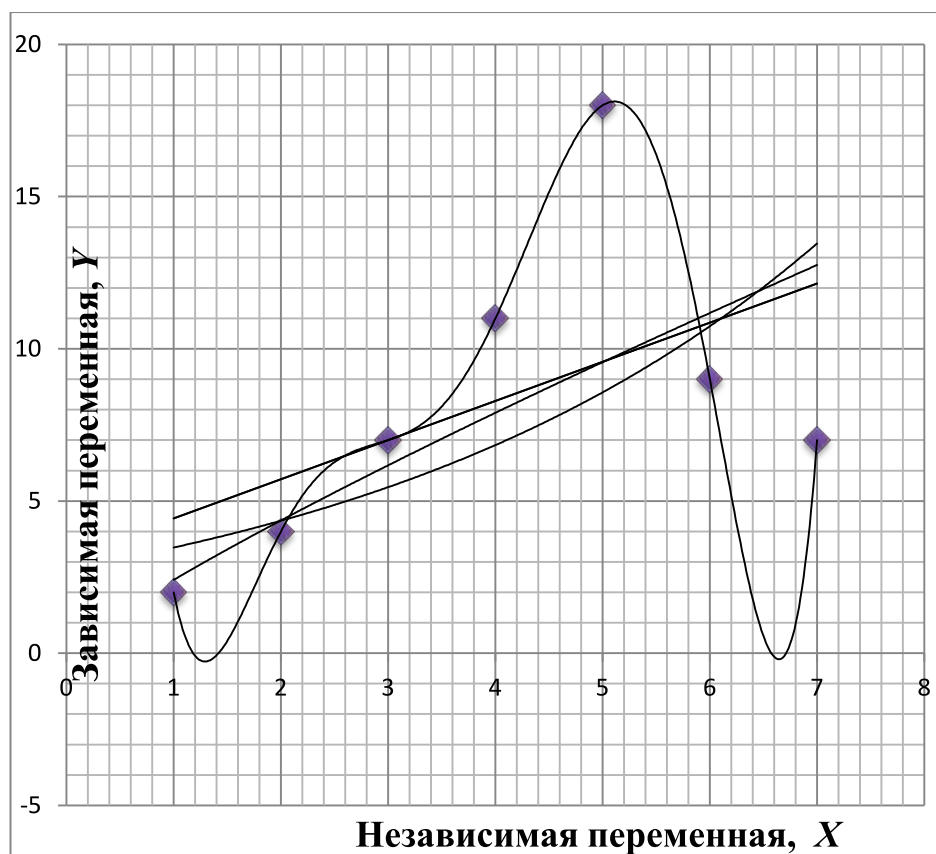


Рисунок 1 – Варианты аналитических моделей, построенные по результатам эксперимента

Из рисунка видно, что из всех приведенных аппроксимаций статистических данных аналитическими моделями, только одна из них точно проходит через все 7 анализируемых точек. Другие модели в большей или меньшей степени имеют отклонения от наборов экспериментальных точек (x_i, y_i) . В общем случае набор из n точек (x_i, y_i) может

быть описан полиномом $(n - 1)$ -й степени, кривая которого проходит через все n экспериментальных точек. Наряду с этим, возникает вопрос - стоит ли добиваться такой высокой степени аппроксимации? Во-первых, сами экспериментальные точки, являясь результатами измерений, получены с некоторой погрешностью. Поэтому любая аналитическая модель не является идеальной. Во-вторых, полиномиальная модель не адаптивна относительно числа точек эксперимента, т.к. любое их изменение приводит к необходимости нового этапа вычислений для определения всех коэффициентов полинома. И наконец, коэффициенты полинома высокой степени должны рассчитываться с предельной точностью. Иначе ошибки аппроксимации могут превосходить любые разумные пределы.

На рисунке 2 приведены полиномиальные модели различной степени – от первой (Y_1) до шестой (Y_6). Полиномы первой и шестой степени выделены по цвету.

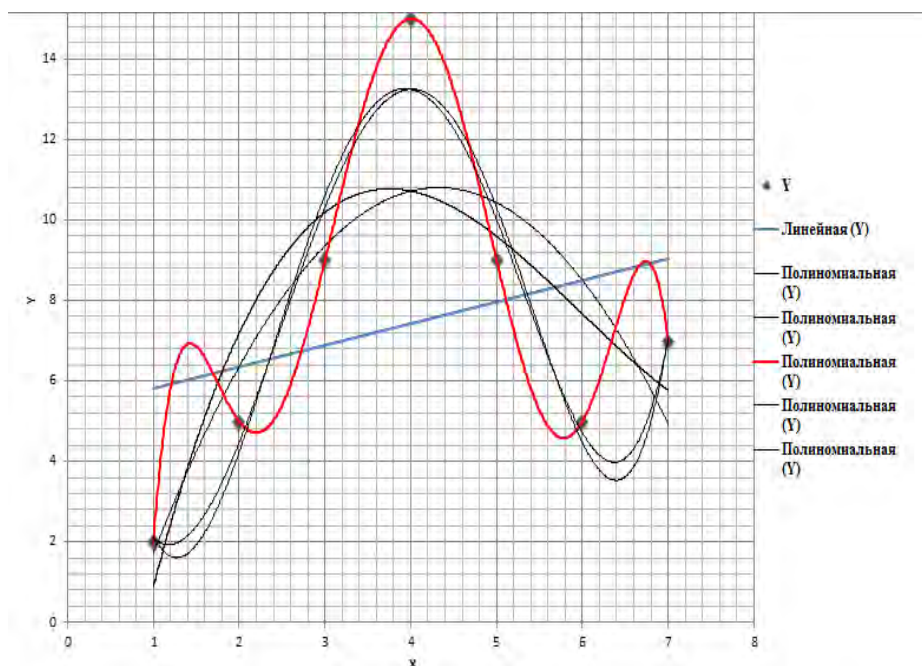


Рисунок 2 – Полиномиальные модели аппроксимации статистических данных

Ниже приведена система полиномиальных уравнений (1), коэффициенты каждого из которых определены по методу наименьших квадратов (МНК). Это означает, что для каждого полинома i -й степени его коэффициенты гарантируют минимальную сумму квадратов отклонений экспериментальных точек $(x_i, y_i)_{\text{эксп.}}$ от их соответствующих теоретических значений $(x_i, y_i)_{\text{теорет.}}$, получаемых из моделей аппроксимации полиномами первой (Y_1),...,шестой (Y_6) степени.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 5,2857 + 0,5357x \\
 Y_2 &= -4,5714 + 7,1071x - 0,8214x^2 \\
 Y_3 &= -9,5714 + 12,802x - 2,4881x^2 + 0,1389x^3 \\
 Y_4 &= 18,286 - 31,376x + 18,792x^2 - 3,8005x^3 + 0,2462x^4 \\
 Y_5 &= 10,429 - 15,856x + 8,375x^2 - 0,7102x^3 - 0,1705x^4 + 0,0208x^5 \\
 Y_6 &= -140 + 331,22x - 285,7x^2 + 119,56x^3 - 25,687x^4 + 2,7208x^5 - 0,1125x^6
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Из представленного набора полиномов, попытаемся определить какой из них целесообразно использовать для практического применения. С этой целью, прежде всего, вычислим в заданных точках эксперимента X_i числовые значения зависимой переменной Y_i для каждой из шести моделей аппроксимации. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Теоретические оценки результатов эксперимента

Числовые значения							
X исходные	Y исходные	Y1 теорет.	Y2 теорет.	Y3 теорет.	Y4 теорет.	Y5 теорет.	Y6 теорет.
1	2	5,821	1,719	0,881	2,148	2,088	2,001
2	5	6,357	6,366	7,191	4,237	4,473	4,994
3	9	6,893	9,371	10,192	10,615	10,305	8,975
4	15	7,428	10,734	10,717	13,249	13,203	14,947
5	9	7,964	10,455	9,599	10,019	10,186	8,913
6	5	8,500	8,534	7,671	4,709	4,163	4,869
7	7	9,036	4,971	5,768	7,017	6,428	6,806

Очевидно, что из всех шести моделей простейшей моделью является линейная аппроксимация результатов эксперимента. Другие модели более сложные, и эта сложность будет проявляться в результате дальнейшего использования и практического применения того или иного аналитического выражения.

Учитывая тот факт, что все полином описывают один и тот же набор статистических данных, применим к набору чисел Y , представленных в семи столбцах табл.2, методологию дисперсионного анализа. При этом мы ясно понимаем, что в дальнейшем необходимо обосновать корректность принимаемых решений. Результаты однофакторного дисперсионного анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Однофакторный дисперсионный анализ

ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Столбец $Y_{исх.}$	7	52	7,428571	17,28571		
Столбец $Y1_{теор.}$	7	51,999	7,428429	1,33964		
Столбец $Y2_{теор.}$	7	52,15	7,45	10,80747		
Столбец $Y3_{теор.}$	7	52,019	7,431286	11,48407		
Столбец $Y4_{теор.}$	7	51,994	7,427714	16,06284		
Столбец $Y5_{теор.}$	7	50,846	7,263714	16,32554		
Столбец $Y6_{теор.}$	7	51,505	7,357857	17,23523		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Знач.	F крит.
Между группами	0,183394	6	0,030566	0,00236	0,9999	2,324
Внутри групп	543,2431	42	12,93436			

Итого	543,4265	48				
-------	----------	----	--	--	--	--

Из таблицы дисперсионного анализа следует, что все аналитические зависимости примерно с равной степенью успеха характеризуют среднее арифметическое значение набора исходных статистических данных. На уровне значимости $\alpha = 0,05$ оценки средних значений, получаемые различными моделями, статистически не различимы:

$$F = 0,00236 \ll F_{\text{крит.}} = 2,324.$$

Однако при этом выполнении дисперсионного анализа было нарушено одно из необходимых условий его применения, заключающееся в **однородности дисперсий**. Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что дисперсия выборочных значений для $Y_{\text{теор.}}$ существенно меньше дисперсий выборок, полученных по другим моделям.

Для проверки однородности дисперсий в группах выборок используется критерий Левенэ или F -критерий. Результаты оценки существенности различий дисперсий для двух выборок ($Y_{\text{исх.}}$ и $Y_{\text{теор.}}$), выполненные с помощью программы Microsoft Excel, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Двухвыборочный F -тест для дисперсии

	$Y_{\text{исх.}}$	$Y_{\text{теор.}}$
Среднее	7,428571429	7,428428571
Дисперсия	17,28571429	1,339642952
Наблюдения	7	7
df	6	6
F	12,90322489	
$P(F \leq f)$ одностороннее	0,003331048	
F критическое одностороннее	4,283865714	

О чем свидетельствуют результаты таблице 4, и какие выводы нужно сделать при принятии решений о качестве бизнес процесса? Во-первых, линейная модель является простейшей моделью из всех рассматриваемых и ее целесообразно использовать для анализа бизнес процессов. Особенно часто возникает подобная необходимость при выполнении ориентировочных предположений о качестве анализируемой продукции. Во-вторых, дисперсии двух выборок, полученные экспериментально и рассчитанные по линейной модели, существенно различаются:

$$F = 12,90322489 \gg F_{\text{кр.}} = 4,283865714.$$

Поэтому, даже в случаях крайней необходимости при использовании линейной модели для аппроксимации реального бизнес процесса, характеризуемого данными табл. 1, следует делать поправки на диапазон распределения возможных результатов. Учитывая, что доверительный интервал для точечной оценки прямо пропорционален выборочному стандартному отклонению S , то доверительный интервал для анализируемого процесса (см. табл. 1), определяемый по линейной модели необходимо умножить на коэффициент 3,592.

Этот коэффициент получен из данных, представленных в таблице 4:

$$\frac{\sqrt{17,28571}}{\sqrt{1,33964}} = 3,592.$$

Метод расчета доверительного интервала для предсказываемого значения зависимой переменной для линейной модели подробно изложен в работе [4], в разделе «Регрессионный анализ».

Еще раз следует подчеркнуть, что для процессов, подобных анализируемому, использование линейной модели весьма проблематично. Приведенный выше материал иллюстрирует только ход и возможные модели анализа, которые необходимо использовать для подтверждения адекватности аналитической модели набору реальных статистических данных. Некорректность непосредственного применения линейной модели лучше всего иллюстрируют данные табл. 5, в которой показано, что корреляция между исходным набором данных и теоретических данных линейной модели крайне низкая – коэффициент корреляции Пирсона $K = 0,278$.

Таблица 5 – Парный двухвыборочный t-тест для средних

	$Y_{\text{исх.}}$	Y_1
Среднее	7,428571	7,428429
Дисперсия	17,28571	1,339643
Наблюдения	7	7
Корреляция Пирсона	0,278245	
Гипотетическая разность средних	0	
df	6	
t-статистика	9,46E-05	
P(T<=t) одностороннее	0,499964	
t критическое одностороннее	1,94318	
P(T<=t) двухстороннее	0,999928	
t критическое двухстороннее	2,446912	

Теоретически любой набор точек можно аппроксимировать линейной моделью, но адекватность полученной модели статистическому набору данных подлежит дополнительному исследованию. А если уж имеется настоятельная потребность опираться только на линейные модели, то можно попытаться разбить анализируемый интервал на перекрывающиеся участки более или менее близкие к линейным. Например, в таблице 6 представлены результаты аппроксимации статистических данных, приведенных в таблице 1, двумя прямыми, подобранными по МНК соответственно для четырех первых и четырех последних эксперимента. Уравнения этих прямых приведены в первой строке таблицы, а их теоретические значения при 7-и фиксированных значениях $X_{\text{исх}}$ – в третьем и шестом столбцах таблицы 6.

Таблица 6 – Сплайновая аппроксимация результатов эксперимента

$Y_{11} = -3 + 4,3X$			$Y_{12} = 24,4 - 2,8x$		
$X_{\text{исх.}}$	$Y_{\text{исх.}}$	$Y_{11\text{тер.}}$	$X_{\text{исх.}}$	$Y_{\text{исх.}}$	$Y_{12\text{тер}}$
1	2	1,3	4	15	13,2
2	5	5,6	5	9	10,4
3	9	9,9	6	5	7,6
4	15	14,2	7	7	4,8

Таблица 7 – Парный двухвыборочный t-тест для средних

	$Y_{исх.}$	$Y_{11тер.}$
Среднее	7,75	7,75
Дисперсия	31,58333	30,81667
Наблюдения	4	4
Корреляция Пирсона	0,987788	
Гипотетическая разность средних	0	
df	3	
t-статистика	3,8E-16	
P(T<=t) одностороннее	0,5	
t критическое одностороннее	2,353363	
P(T<=t) двухстороннее	1	
t критическое двухстороннее	3,182446	

Таблица 8 – Парный двухвыборочный t-тест для средних

	$Y_{исх.}$	$Y_{12тер.}$
Среднее	9	9
Дисперсия	18,66667	13,06667
Наблюдения	4	4
Корреляция Пирсона	0,83666	
Гипотетическая разность средних	0	
df	3	
t-статистика	1,88E-16	
P(T<=t) одностороннее	0,5	
t критическое одностороннее	2,353363	
P(T<=t) двухстороннее	1	
t критическое двухстороннее	3,182446	

Результаты сравнений статистических данных и теоретических значений, получаемых линейной аппроксимацией представленного набора двумя прямыми с различными углами наклона, приведены в таблице 7 и таблице 8. Из рассмотрения таблиц можно сделать вывод о том, что экспериментальные и теоретические данные статистически не различимы и между ними имеется высокий уровень корреляции.

В заключении попытаемся установить, какая простейшая модель, из приведенных в системе уравнений (1), позволяет адекватно описать характер изменения статистических данных. Анализ начнем с, простейшего из всех оставшихся, уравнения:

$$Y_2 = -4,5714 + 7,1071x - 0,8214x^2. \quad (2)$$

Как и ранее, проведем парные сравнения теоретических значений ($Y_{2тер.}$) с исходными опытными данными ($Y_{исх.}$) при соответствующих значениях независимой переменной ($X_{исх.}$). Исследования по сравнению статистических и теоретических результатов будем проводить, опираясь на опции пакета «Анализ данных» программы Microsoft Excel.

Прежде всего, определим, статистически различимы и нет дисперсии двух пар данных (см. табл. 2). Результаты вычислений с помощью программы Microsoft Excel приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Двухвыборочный F-тест для дисперсии

	$Y_{исх}$	$Y_{2теор}$
Среднее	7,428571	7,45
Дисперсия	17,28571	10,8074727
Наблюдения	7	7
df	6	6
F	1,599422	
P(F<=f) одностороннее	0,291356	
F критическое одностороннее	4,283866	

Полученные результаты:

$$F = 1,599422 < F_{кр} = 3,238867 -$$

свидетельствуют, что между дисперсиями внутри каждой группы существенной разницы нет. Дополнительные исследования по проверке статистического равенства средних, приведенные в табл. 10, подтверждают: гипотеза H_0 отклонена быть не может, т.к. $Y_{исх}$ и $Y_{2теор}$ статистически не различимы ни по дисперсиям, ни по средним значениям и между существует довольно высокий уровень корреляции.

Таблица 10 – Парный двухвыборочный t-тест для средних

	$Y_{исх}$	$Y_{2теор}$
Среднее	7,428571	7,45
Дисперсия	17,28571	10,80747
Наблюдения	7	7
Корреляция Пирсона	0,789909	
Гипотетическая разность средних	0	
df	6	
t-статистика	-0,02224	
P(T<=t) одностороннее	0,49149	
t критическое одностороннее	1,94318	
P(T<=t) двухстороннее	0,98298	
t критическое двухстороннее	2,446912	

Уравнение (2) является простейшим из системы (1), предназначенным для аппроксимации исходных данных бизнес процесса.

Литература

1. Глоссарий по управлению качеством, стандартизации, метрологии [Текст]: учебное пособие / Под ред. Т. Е. Старцевой, О. А. Горленко. Сост. Н. П. Асташева, Т. Н. Антипова, Е. А. Гришина, А. В. Грекова, А. В. Знайда, М. В. Максимова, И. А. Меркулова, Е. С. Слуднякова, В. Н. Строителев. – Ярославль: Изд-во «Канцлер», 2010. – 184 с.
2. Основы методологии нормирования и оценки показателей качества испытаний технической продукции на соответствие установленным требованиям: учебное пособие для вузов / Г. П. Богданов, Е. А. Жидкова, В. Н. Строителев, Л. П. Шумская, А. В. Яшин. – М: РГУИТП – 2012.
3. 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.

-
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.

