

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

ISSN 2409-1650

Главный редактор
**Артюшенко
Владимир
Михайлович,**
д.т.н., профессор

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

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

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

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

Материалы авторам не возвращаются
Подписано в печать
24.03.2017

Отпечатано
в типографии
ООО «Научный консультант»
г. Москва,
Хорошевское ш., 35, корп. 2

Тираж 300 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

В.Г. Исаев
**ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА
В ИССЛЕДОВАНИЯХ ОКОЛОЗЕМНОГО
ПРОСТРАНСТВА.....3**

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Э.М. Аббасов
**ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА БЕСПРОВОДНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И
УПРАВЛЕНИЯ.....14**

В.М. Артюшенко, В.И. Воловач, Н.А. Васильев
**ВЕРОЯТНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ СИСТЕМАМИ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ.....25**

В.М. Артюшенко, Н.А. Васильев,
М.Е. Ставровский, К.Л. Самаров
**АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОГИБАЮЩЕЙ СИГНАЛА,
ОТРАЖЕННОГО ОТ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....45**

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Т.С. Аббасова, А.П. Мороз,
И.М. Белюченко, Ю.В. Стрелюк
**РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К
ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ
СИСТЕМ.....55**

Э.Э. Акимкина
**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВЕРТЫВАНИЮ
МНОГОМЕРНЫХ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....68**

А.П. Мороз, Т.С. Аббасова, М.Е. Ставровский
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛИЧЕСКИХ
УСТРОЙСТВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА
И ВИБРОДИАГНОСТИКИ.....81**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. *Разумовский Игорь Михайлович, д.ф.-м.н., профессор*
2. *Райков Александр Николаевич, д.т.н., профессор*
3. *Фоминский Вячеслав Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. *Дубинин Владимир Сергеевич, к.т.н.*
2. *Аббасова Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*
3. *Посеренин Сергей Петрович, д.т.н., профессор*
4. *Васильев Николай Александрович, д.т.н., профессор*
5. *Логачева Алла Игоревна, к.т.н.*
6. *Матвиенко Юрий Григорьевич, д.т.н., профессор*
7. *Вокин Григорий Григорьевич, д.т.н., профессор*
8. *Самаров Ким Леонидович, д.ф.-м.н., профессор*
9. *Стреналюк Юрий Вениаминович, д.т.н., профессор*
10. *Щурин Константин Владимирович, д.т.н., профессор*
11. *Воловач Владимир Иванович, д.т.н., доцент*
12. *Ставровский Михаил Евгеньевич, д.т.н., профессор*
13. *Тимофеев Анатолий Николаевич, д.т.н.*

В.Н. Соляной, А.И. Сухотерин
**УТЕЧКА ИНФОРМАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ
ПРЕДПРИЯТИИ (ОРГАНИЗАЦИИ) – ПРОБЛЕМА
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....95**

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

К.В. Щурин, И.Г. Панин
**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕМАГНИТНЫХ
ЖИДКОСТЕЙ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ
ПОЛЕ.....103**

УДК 629.7: 334.01

Возможные области применения государственно-частного партнерства в исследованиях околоземного пространства

В.Г. Исаев, к.т.н., доцент,

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

В статье представлены результаты анализа современной ситуации, связанной с развитием коммерческого сегмента космических услуг, оказываемых Россией. Показано, что её, следует рассматривать как довольно сложную. Предложено для преодоления сложившейся ситуации привлекать научный и экономический потенциал частных фирм, используя механизм государственно-частного партнерства. Отмечено, что государственно-частное партнерство позволит привлечь значительные дополнительные средства компаний и корпораций помимо бюджетных трат. Сформулированы задачи, которые целесообразно решать государству, а какие следует поручить частным фирмам. Предложены возможные области взаимодействия государства и частного бизнеса при решении задач исследования околоземного пространства.

Космические услуги, околоземное пространство, запуск.

Possible scopes of public-private partnership in researches of near-earth space

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

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

Analysis results of the modern situation connected with development of a commercial segment of the space services rendered by Russia are provided. It is shown that it, it is necessary to consider as quite difficult. It is offered developed situations to attract the scientific and economic capacity of private firms to overcoming, using the mechanism of public-private partnership. It is noted that the public-private partnership will allow to raise considerable additional resources of the companies and corporations in addition to the budget expenditure. Tasks which are reasonable for solving to the state and what should be charged to private firms are formulated. Possible areas of interaction of the state and private business in case of the solution of research problems of near-earth space are offered.

Space services, near-earth space, start.

Экономические вложения в исследования космического пространства в настоящее время представляют собой инновационный и очень прибыльный бизнес. Доходы от реализации проектов по исследованию околоземного пространства и дальнего космоса приносят значительный доход частным компаниям и государственным структурам. Основной доход приносят пусковые услуги, спутниковая навигация и системы глобального позиционирования, дистанционное зондирование поверхности Земли, телекоммуникации и связь, космическая биология и медицина, энергетика и др. Внедрение в промышленное производство инноваций и технологий, первоначально разработанных для исследований космоса, также приносит немалый доход.

Согласно заявлению члена коллегии Военно-промышленной комиссии Олега Фролова объем мирового рынка космических услуг в 2015 году составил около 300 млрд. долларов. Из них на пусковые услуги приходится 2% [2].

Динамика развития мирового рынка космических услуг представлена на рисунке 1.

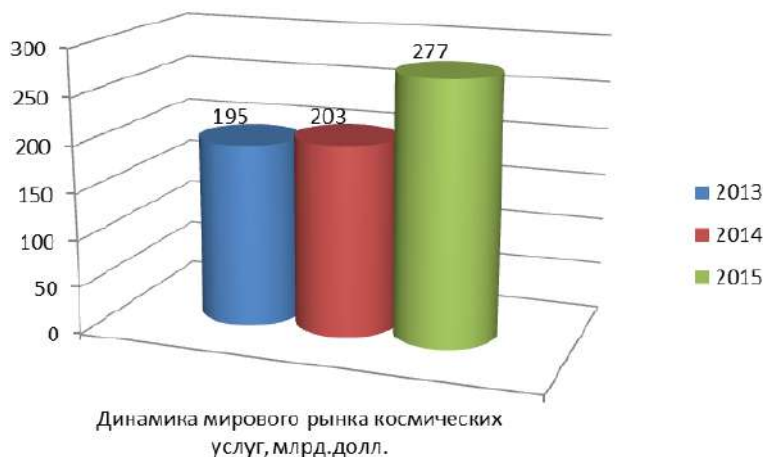


Рисунок 1 – Динамика развития мирового рынка космических услуг

Анализ данных, представленных на рисунке 1, показывает, что существует устойчивая положительная динамика роста мирового рынка космических услуг [3, 6, 9, 12]. Общий объем рынка космических услуг, в том числе и пусковых услуг постоянно растет. И факторов, значительно влияющих на его снижение, не наблюдается. При этом доля РФ составляет около 1% от стоимости мировых услуг.

Следует отметить, что современную ситуацию, связанную с развитием коммерческого сегмента космических услуг, оказываемых Россией, следует рассматривать как достаточно сложную.

Сложность создавшейся ситуации характеризуется следующим.

Во-первых, осуществление пусковых услуг по доставке грузов в околоземное космическое пространство является единственным сегментом космических услуг, в котором Россия является лидером.

Динамика космических запусков ведущих стран мира представлена на рисунке 2. Анализ данных, представленных на рисунке 2, показывает, что Россия пока является лидером в области космических запусков. Однако лидерство России может быть оспорено, поскольку США, ЕС и КНР разрабатывают новые ракеты-носители и транспортные грузовые космические корабли, в том числе для доставки космонавтов и грузов на МКС.

Так, в 2015 году в мире осуществлено 87 запусков ракет-носителей космического назначения, из них 29 выполнены Россией, 20 проведены США, и, что примечательно, 19 запусков осуществила Китайская Народная Республика и 19 запусков произвели остальные государства. В 2016 году в мире осуществлено 85 запусков ракет-носителей космического назначения, из них 17 выполнены Россией (если считать 2 запуска «Союз-2 СТ-А(Б)» во Французской Гвиане в интересах ЕС, то 19), 22 проведены США, 22 запуска осуществила Китайская Народная Республика и 24 запуска произвели остальные страны мира. То есть в 2016 году Россия уступила первое место по запускам США и КНР. Хотя подобное уже было в 2003 году. Тогда США осуществили 23 запуска, а Россия – 21.

Во-вторых, у российских ракет-носителей лучше соотношение массы полезной нагрузки выводимой на различные орбиты и стоимости запуска.

Так, в 2013...2014 годах пуск основного средства выведения, предназначенного для доставки в околоземное космическое пространство самых востребованных спутников связи (телевидения и интернета) – ракеты «Протон-М» составлял в среднем ~95 млн. долларов. В 2015 году снизился до 69-70 млн. долларов [9] и стал значительно дешевле пусков европейской ракеты-носителя Ariane-5 (стоимость пуска ~150 млн. долларов) и американской ракеты Delta-4 (стоимость пуска ~300 млн. долларов). Но на рынок выходят новые игроки: американская компания SpaceX в 2017 году планирует осуществить второй запуск ракеты-носителя тяжелого класса Falcon Heavy уже с полезной нагрузкой и обещает продавать один запуск за 90 миллионов долларов, хотя какой цена окажется ближе к продажам, пока предсказать трудно. Уже летающая ракета-носитель среднего класса Falcon-9 (с массой полезной нагрузки, выводимой, по заявлениям разработчика, на низкую опорную и геопереходную орбиты в близкой к «Протону-М»), продается за ~61 млн. долларов, что дешевле запуска «Протона-М».

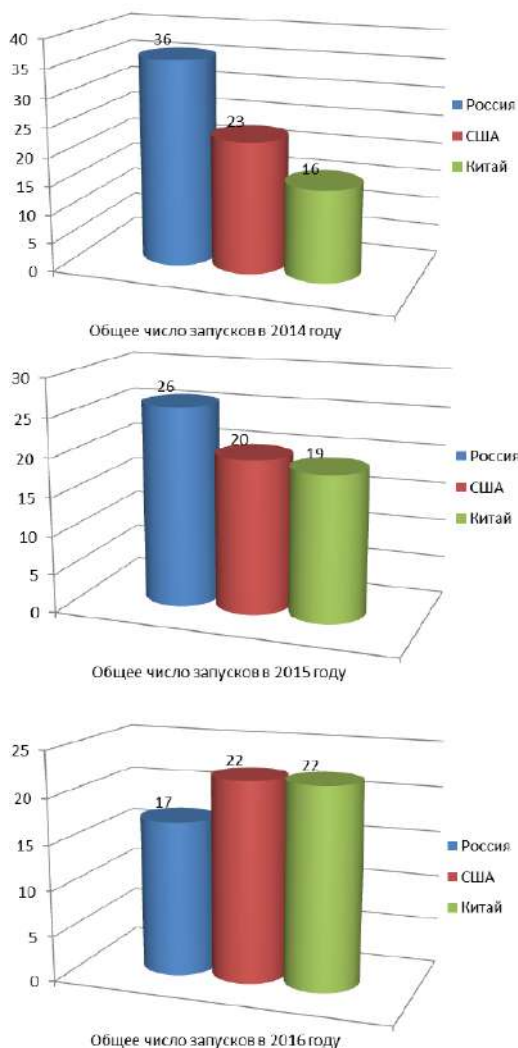


Рисунок 2 – Динамика космических запусков ведущих стран мира

В-третьих, при изготовлении российских космических аппаратов приходится использовать импортные комплектующие.

В период 1990...2000-х годов и из-за политического кризиса и развала СССР разработки и производство в области микроэлектроники были свернуты. В результате Россия значительно отстала от основных экономически развитых стран мира (в первую очередь США) в разработке электронной компонентной базы (в первую очередь радиационно-стойкой), используемой в космической технике.

Следует отметить, что такая ситуация характерна не только для России, но и присуща многим другим странам, проводящим космические исследова-

дования. В связи с этим целесообразно привести следующее сообщение Европейского космического агентства по данному вопросу «Европа по-прежнему зависит от США в поставках критических космических технологий. Более чем две трети стоимости компонентов Европейских спутников по-прежнему производится не на территории Европейского союза, а предоставляются производителями в США.

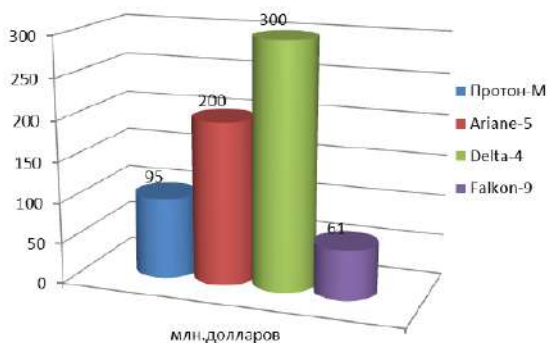


Рисунок 3 – Стоимость запуска ракет-носителей

Эта ситуация не меняется в течение последних 10 лет, что приводит к необходимости переправки частей спутников через океан. По этой причине Космическое агентство Франции и Европейское космическое агентство включают в свои бюджеты показатели импортозависимости. Кроме этого, Европейская Комиссия в 2014 году запустила программу, по которой предусматривается выделение порядка 200 млн. евро в год на период до 2020 года. Данные проекты осуществляются в режиме софинансирования предприятиями индустрии и национальными агентствами. Европейская комиссия в краткосрочном двух летнем плане определила объемы программы импортозамещения в области космических технологий в размере 395 млн. евро. Одной из причин существования подобных планов являются затруднения Европейских компаний в получении разрешения на импорт со стороны контролирующих органов США, которые требуют предоставления информации обо всех проектах, в которых будут применяться поставляемые компоненты» [5]. Хочется отметить, что КНР в последнее десятилетие активно проводит исследования околоземного пространства. При этом зависимость КНР от импортной элементной базы, производимой в США, крайне мала. Объем поставок элементов микроэлектроники из США в Россию и КНР представлен на рисунке 5. Однако в настоящее время и в России развивается промышленная разработка микросхем, используемых в околоземном пространстве, не только для отечественных, но и для зарубежных космических аппаратов [4,1].

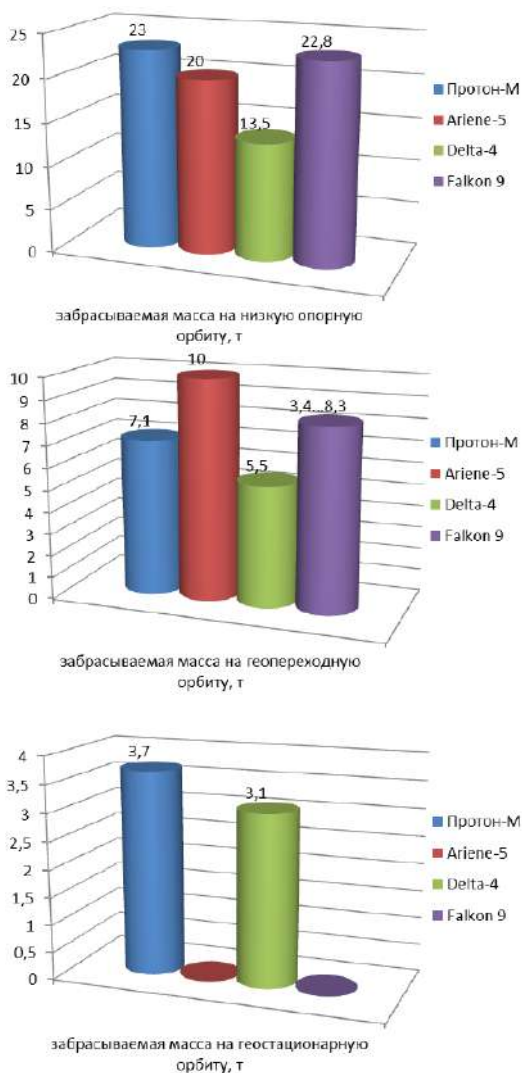


Рисунок 4 – Забрасываемая масса основных ракет-носителей на различные типы орбит

В-четвертых, число аварийных (нештатных) запусков не снижается.

Не смотря на использование уже отработанных средств выведения, неудачные запуски происходят каждый год, поэтому существует риск, что, иностранные заказчики могут потерять доверие к российским средствам выведения. Данные по аварийным запускам ракет-носителей ведущих стран представлены на рисунке 6. Например, только в 2015 году произошло пять неудачных (три аварийных и два нештатных) запуска [11].

28 апреля 2015г. стартовавшая с Байконура ракета-носитель «Союз-2.1а» не смогла вывести на расчетную орбиту транспортный грузовой корабль

«Прогресс М-27М». В результате 8 мая он неуправляемо сошел с орбиты и сгорел в плотных слоях атмосферы.

16 мая 2015г. завершился аварией запуск с Байконура ракеты-носителя «Протон-М» с мексиканским спутником связи «MexSat-1».

5 декабря 2015г. военный спутник «Канопус-СТ», запущенный ракетой-носителем «Союз-2.1в» с космодрома «Плесецк», не смог отделиться от разгонного блока «Волга». 8 декабря он сошел с орбиты, а обломки космического аппарата вместе с разгонным блоком сгорели в плотных слоях атмосферы.

1 декабря 2016 года был осуществлен запуск РН «Союз-У» с транспортным грузовым кораблем «Прогресс МС-04» Пуск был признан аварийным.

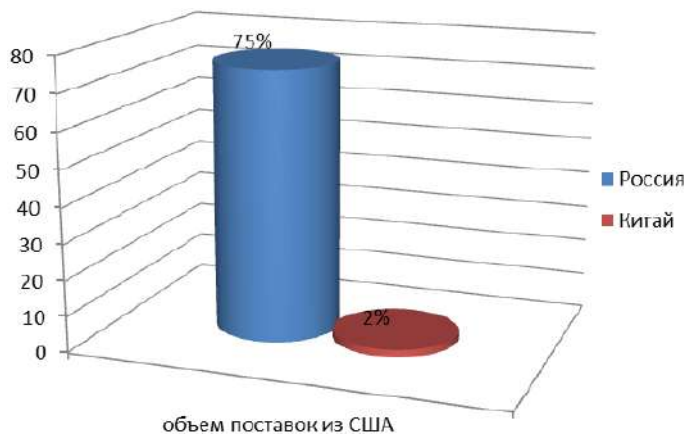


Рисунок 5 – Объем поставок элементов микроэлектроники

Проведенная Счетной палатой проверка исполнения федерального бюджета по расходам Роскосмоса за 2014 год выявила финансовых нарушений на общую сумму в 92,9 млрд. руб. Значительная сумма нарушений связана с расходованием средств на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы [8].

Для преодоления сложившейся ситуации целесообразно привлекать научный и экономический потенциал частных фирм, используя механизм государственно-частного партнерства [7].

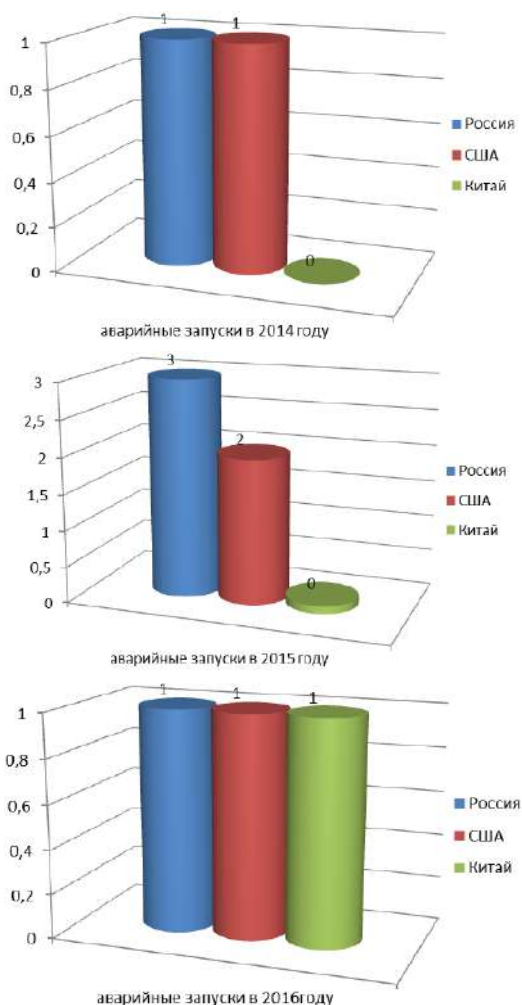


Рисунок 6 – Аварийные запуски ракет-носителей ведущих стран

Такое партнерство позволит привлечь дополнительно значительные финансовые средства частных компаний и корпораций помимо бюджетных трат. Бизнес в обмен на новые технологии может инвестировать в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) финансовые средства (и соответственно осуществлять строгий контроль за расходованием своих средств). Принять участие в создании элементов наземной космической инфраструктуры, финансировать фундаментальные поисковые исследования, исследования испытательных лабораторий, разработку программно-аппаратных решений по разрешенным направлениям исследований, обеспечить закупку необходимого стендового оборудования, изготавливать различные агрегаты и системы ракет-носителей и космических аппаратов, оказывать услуги народно-хозяйственного значения. А государство (в лице Роскосмоса) должно взять на себя обеспечение координации работ, а также создание сти-

мулов для бизнеса, а именно:

- разработать законодательную базу государственно-частного партнерства;
- осуществлять реализацию общей технологической политики;
- организовать и проводить фундаментально-поисковые исследования и НИОКР;
- интегрировать усилия предприятий частного сектора при решении технологических проблем общеотраслевого уровня;
- решать задачи пилотируемой космонавтики.

В качестве возможных областей взаимодействия государства и частного бизнеса при решении задач исследования околоземного пространства целесообразно выделить следующие:

- разработка, производство и запуск коммерческих метеорологических спутников и спутников дистанционного зондирования Земли;
- разработка, производство и запуск средств выведения, предназначенных для проведения геофизических исследований и запуска сверхмалых спутников различного назначения;
- разработка, производство и запуск коммерческих спутников для космической связи и телевизионного вещания;
- разработка, производство и запуск коммерческих телевизионных спутников, спутников связи;
- разработка, производство и запуск коммерческих навигационных спутников, разработка, и производство приемных устройств системы ГЛОНАСС;
- создание технологий разработки электронных компонентов для КА, с целью ликвидации зависимости от импортной (в первую очередь от США) элементной базы по программе импортозамещения;
- разработка технологий создания композиционных материалов и изготовление самих композиционных материалов, которые можно использовать в качестве конструкционных при создании образцов ракетно-космической техники и одновременно в авиации, судостроении, строительстве и многих других областях, а также клеев и герметиков различного назначения;
- внедрение результатов НИОКР и изделий, созданных и/или используемых при исследовании околоземного пространства и иных космических программах.

Хочется отметить, что сотрудничество государства должно проводиться не только с крупными представителями частного бизнеса. Ряд заказов, например, по разработке и производству микросхем целесообразно размещать не на крупных предприятиях, а на небольших фирмах (конструкторских бюро) специализирующихся на подобном производстве. Очень часто именно новые и небольшие фирмы предлагают нестандартные решения сложных научно-технических задач. Тем более что в мировой практике такое сотрудничество широко используется (особенно в США даже при производстве микросхем

серии Military/Space). Поэтому этот вопрос должен быть отмечен в нормативно правовых документах, определяющих правила государственно-частного партнерства и в документах, регламентирующих порядок и правила реализации общей технологической политики России в этой области. В настоящее время Российской Федерации государственно-частное партнерство, проводимое в интересах исследования околоземного пространства и дальнего космоса, находится на начальном этапе своего развития. Существуют различные предложения по этапам развития такого партнерства и областям взаимодействия государства и частного бизнеса. Однако это чисто теоретические проработки. Они нуждаются в обсуждении и корректировке по результатам работ, проводимых на начальном этапе. Также необходимо разработать нормативно-правовые документы, регламентирующие взаимодействие государственных органов и частных компаний в рамках государственно-частного партнерства.

Литература

1. «Ангстрем изготовит микросхемы для индийского космоса» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.angstrem.ru/en/node/1281?language=en>.
2. ВЗГЛЯД/ВПК: На рынке космических услуг Россия занимает чуть более 1% [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vz.ru/news/2015/5/13/745049.html>.
3. Влияние новых игроков на состояние и рынок пусковых услуг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vesvks.ru/room/article/vliyanie-novyh-igrokov-na-sostoyanie-i-perspektivu-15968>.
4. В новых спутниках системы ГЛОНАСС будут установлены ангстремовские микросхемы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.angstrem.ru/en/node/1732?language=ru>.
5. Запуск спутников на орбиту: конкуренция разгорается, цены падают [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tv.sb.by/zametki-publitsista/article/gonki-na-orbitu.html>.
6. Исследование РБК: Россия проигрывает космическую гонку Китаю [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rbc.ru/economics/30/06/2014/57041ecf9a794760d3d3fa98>.
7. Пайсон Д.Б. Государственно-частное партнерство как институт развития космической деятельности: зарубежный опыт и российские планы // Вопросы государственного и муниципального управления. 2009. № 3. Стр. 17-34.
8. Проверка Счетной палаты подтвердила низкий уровень финансового менеджмента Роскосмоса [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ach.gov.ru/press_center/news/21877.
9. Рынок космических услуг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecospace.me/Коммерческий%20космический%20рынок.html>.
10. Стоимость запуска спутников «Протоном-М» снизилась до \$70 млн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.interfax.ru/russia/436151>.
- 11.

12. ТАСС: Биографии и справки – статистика космических запусков в 2015 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tass.ru/info/2569372>.
13. Эксперт: Объем рынка космических услуг составляет 400 млрд. долларов-Российская газета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2015/09/22/kosmos.html>.

УДК 621.397

Показатели качества беспроводных технологий для мониторинга и управления

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

Рассмотрены проблемы интеграции различных беспроводных технологий, заключающиеся в обеспечении требуемой скорости передачи и передаче информации на значительное расстояние при малой мощности передатчиков сенсорных узлов беспроводной сети при удаленном мониторинге. Проанализирована интеграция беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11n/g и Bluetooth. Определены графоаналитические зависимости, определяющие характеристики скорости передачи данных для беспроводных сетей IEEE 802.11n/g. Проанализированы главные недостатки БСС, связанные с эффективным использованием аккумуляторных батарей; рассмотрены основные методы снижения энергопотребления для БСС на основе технологии ZigBee, основанные на схемах планирования пробуждения и схемах сбора данных. Показаны возможности технологии MeshLogic для решения задач мониторинга и контроля, критичных к времени автономной работы датчиков.

Интегрированные беспроводные сети, сенсорные сети, пропускная способность, энергоэффективность.

Indicators of wireless technologies for monitoring the quality and management

E.M. Abbasov, Associate Professor,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The problems of integration of the various wireless technologies, for-consists in the provision of required transmission speed and the transmission of information over a considerable distance at low power sensor nodes transmitters wireless Internet-water network for remote monitoring. Analyzed the integration of wireless LAN standard IEEE 802.11n/g and Bluetooth. Determined Graphic analytical dependence-dence, the defining characteristics of the data rate for wireless IEEE 802.11n / g networks. It analyzes the main shortcomings of BSS associated with ef cient use of batteries; the basic Metody reduce energy consumption for WSN based on the ZigBee technology, based on the planning schemes of awakening and data collection schemes. The possibilities MeshLogic technology solutions for the

monitoring and control tasks that are critical to BPE-autonomous work Meni sensors.

Integrated wireless networks, sensor networks, bandwidth, energy efficiency.

Введение

В системах мониторинга и управления большое значение приобретают беспроводные технологии. Модернизация сетей управления – комплексная задача, которая требует серьезных изменений и длительного времени. В настоящее время новые и модернизируемые сети связи строятся согласно концепции NGN. При поэтапном переходе к сетям нового поколения NGN необходимо обеспечить непрерывную и согласованную работу всего оборудования.

Для организации передачи управляющих данных беспроводными устройствами совместно используются различные беспроводные технологии, и необходимо обеспечить следующие показатели качества: пропускную способность (скорость обработки данных), надежность (среднее время наработки на отказ). На пропускную способность существенное влияние оказывает электромагнитная совместимость (ЭМС) между различным приемопередающим оборудованием. Разработаны оценки ЭМС для проводных и беспроводных коммуникаций [1...6], с помощью которых можно определить расчет защитного расстояния от блокирования, расчет вероятности интермодуляционных помех, вероятность потери пакетов при совместной работе беспроводных устройств различных технологий. Для обеспечения надежности функционирования в системах мониторинга, основанных на технологиях беспроводных сенсорных сетей (БСС), для увеличения среднего времени наработки на отказ необходимо увеличить время жизни узла БСС, которое ограничено временем жизни источника питания.

Для дальнейшего развития теории интегрированных беспроводных телекоммуникаций необходимо разработать методы расчета, которые позволяли бы рационально размещать беспроводные устройства и коммуникации как в пространстве, так и по частоте при интеграции беспроводных технологий, а также обеспечивать энергоэффективность.

Проблемы обеспечения помехоустойчивости беспроводных интегрированных систем

Большее количество беспроводных локальных сетей построено на базе стандарта IEEE 802.11b. На смену этому стандарту пришли стандарты IEEE 802.11g (скорость 54 Мбит/с, частота 2,4 ГГц, обратная совместимость со стандартом 802.11b), и IEEE 802.11n (скорость до 600 Мбит/с, частота 2,4...2,5 или 5 ГГц, обратная совместимость со стандартами 802.11a/b/g).

В системах передачи данных беспроводные сети обычно не используются по отдельности, имеет место интеграция различных типов беспроводных технологий вследствие больших зон радио покрытия, разнообразия каналов передачи сетей (voice, SMS, data, dial-up), использованием в различных уст-

ройствах D-Link, Cisco и Apple, низких цен на трафик. Также осуществляется интеграция проводных и беспроводных технологий – создание точек доступа с помощью технологии Bluetooth для подключения пользовательских терминалов к существующим сетям передачи речи и данных; подключение к сети Интернет посредством сетей различного назначения; автоматическая синхронизация данных и решение задач сетевого взаимодействия между разными цифровыми устройствами (мобильным телефоном, портативным и карманным компьютерами, цифровых фотокамерами, телевизорами, контроллерами бытовых приборов – холодильников, замков дверей, электропечей) [7,8]. В армии для отслеживания реактивных ракет применяются фазовые антенные решетки в радарх, действующие на основе технологии Bluetooth. Из миллиона антенн создается мощный трансмиттер, с помощью которого будет осуществляться связь при помощи технологии Bluetooth с космическими зондами. Широко распространена интеграция беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 и Bluetooth. На конгрессе 3GSM World в Барселоне сразу несколько производителей представили похожие по функциональности решения, позволяющие поддерживать беспроводные интерфейсы 802.11 и Bluetooth одновременно.

Проблемы обеспечения помехоустойчивой работы сетей этих стандартов заключаются в том, что и для той, и для другой сети используется диапазон 2,4 ГГц, и приходится искать способы обеспечения ЭМС при их совместной работе. Использование различных способов модуляции упрощает решение задачи, но при проектировании необходимо учесть влияние расстояния до точки доступа при определении скорости передачи данных в беспроводных сетях в условиях работающей и не работающей пикосети Bluetooth [6].

Во всех сетях стандарта 802.11 максимально достижимая пропускная способность дана либо на основе измерений в идеальных условиях или в скорости передачи данных 2-го уровня. Это, однако, не относится к типичным линиям развертывания беспроводных каналов, в котором данные передаются между двумя конечными точками, из которых по крайней мере одна точка, как правило, подключена к проводной инфраструктуре, а другая конечная точка подключена к инфраструктуре с помощью беспроводной связи.

Это означает, что, обычно, кадры данных передаются в среде 802.11 (WLAN) и преобразуются в 802.3 (Ethernet) или наоборот. Из-за разницы длины кадра (заголовка) этих двух сред, размер пакета приложения определяет скорость передачи данных. Это означает, что приложения, которые используют маленькие пакеты (например, пакетная передача голосовых данных VoIP), имеют проблемы со скоростью передачи. Имеет место создание потоков данных с высокими накладными расходами на передачу трафика. Другие факторы, корректирующие общую скорость передачи данных приложений: 1) скорость, с которой приложение передает пакеты (т.е., скорость передачи данных); 2) энергия, с которой принимается сигнал беспроводной связи. Энергия зависит от расстояния и настроенной выходной мощности беспроводных устройств связи.

На прилагаемых графиках (рисунок 1 и 2), показаны измерения UDP

пропускной способности. Каждый из них представляет собой среднюю (UDP) пропускную способность. При этом надо заметить, что планки погрешностей есть, но едва видны из-за небольшого изменения. Проведено 25 измерений. В каждом измерении определялся размер пакетов (малый или большой) и скорость передачи данных (10 кбит/с – 100 Мбит/с). Маркеры для профилей трафика распространённых приложений также включены.

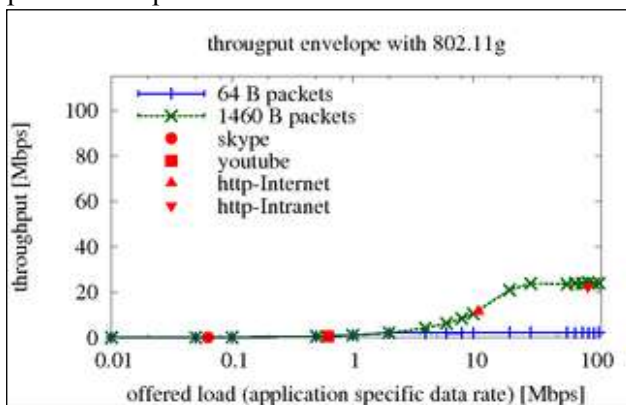


Рисунок 1 – Графическое представление Wi-Fi (802.11g) для конкретного применения (UDP), диапазон 2,4 ГГц

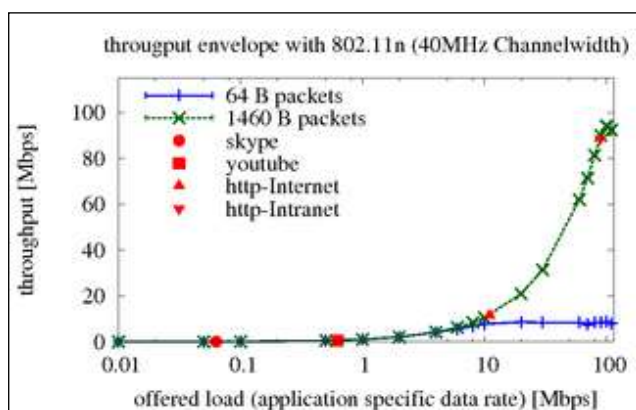


Рисунок 2 – Графическое представление Wi-Fi (802.11n) для конкретного применения (UDP), диапазон 2,4 ГГц

По сравнению с беспроводной технологией 802.11g устройства беспроводной технологии 802.11n повышают скорость передачи данных почти в четыре раза больше. Bluetooth-устройства могут оказывать влияние на работу Wi-Fi-устройств 802.11g. При ухудшении условий ЭМС скорость передачи данных снижается.

Для управления скоростью передачи данных в беспроводных сетях используются методы управления трафиком. Если при проектировании беспроводной сети планируется использовать несколько алгоритмов управления

очередями, например, алгоритм FIFO (от англ. First In, First Out – «первым пришёл – первым ушёл»), алгоритмы приоритетного обслуживания, алгоритм взвешенных очередей, то в данном случае предлагается использовать для сравнения следующий порядок.

1) Расчет периода генерации

$$\tau = 1/f, \quad (1)$$

где τ – период генерации; f – частота работы сети.

2) Определение скорости работы в сети

$$b = 1/m, \quad (2)$$

где b – среднее время обслуживания; m – скорость передачи данных.

3) Пропускная способность каналов.

$$C = \sum_{k=1}^k 1/t, \quad (3)$$

где C – пропускная способность; t – время задержки; k – количество каналов.

Проведение сравнительного анализа, с использованием формул (1)...(3), позволит судить, во-первых, о том, какое оборудование нужно в той или иной ситуации при построении беспроводной компьютерной сети, что позволит минимизировать задержку передачи информации, а также эффективно управлять и распределять трафик, и, во-вторых, какой алгоритм лучше применять в том или ином оборудовании.

Обеспечение энергоэффективности и пропускной способности беспроводных сенсорных сетей для удаленного мониторинга

На современном этапе развития беспроводных технологий для удаленного мониторинга перспективно использовать беспроводные сенсорные сети (БСС), состоящих из небольших устройств (сенсорных узлов), которые не зависят друг от друга и обладают способностью измерения различных показателей, например, вибрации, давления звука, температуры. Сенсорный узел обычно включает: сенсор (датчик), микроконтроллер, радиоприемопередатчик, автономный источник питания. Информация с микроконтроллера передается на центральный узел (базовую станцию), на котором установлено ПО верхнего уровня управления, обычно SCADA-система (от англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных). Передача информации на значительное расстояние при малой мощности передатчиков сенсорных узлов осуществляется за счет ретрансляции данных от одного узла к другому. Продолжительность работы БСС, выступающей в роли сети диспетчеризации, зависит от энергоэффективности сети. Энергоэффективность БСС определяется временем эксплуатации до замены источников питания, производительностью микропроцессоров сенсорных узлов, с учетом малого объема имеющейся у них оперативной памяти.

В работах [7...11] представлены эффективные модели и алгоритмы сбора данных, позволяющих сократить время сбора данных с её сенсорных узлов и их энергопотребления, а также повысить эффективность беспроводной сенсорной сети и её ресурса. Однако технологии энергопитания развиваются не настолько же быстро, как технологии сбора данных. Скорость микро-

процессоров и доступная емкость основной памяти увеличились на несколько порядков, плотность энергии батарей всего лишь утроилась. Для повышения эффективности функционирования батарей и разработки более эффективных алгоритмов управления энергопотреблением необходимы исследования по оптимизации использования батарей путем сбора энергии окружающей среды, а также исследования по разработке методов определения степени заряженности батарей (State-Of-Charge, SOC), или их оставшейся энергии.

Опыт эксплуатации показывает, что БСС целесообразно организовать в пределах отдельного здания (или комплекса соседних зданий) или небольшой территории, а для последующего уровня интеграции использовать различные шлюзы (например, в GSM/GPRS, Wi-Fi, Ethernet и т.д.).

БСС – это динамическая сеть, состоящая из множества датчиков и исполнительных устройств, объединенных между собой через радиоканал. При оценке ее параметров необходимо учитывать, что БСС используются в системах реального времени, где любые временные задержки являются критическими.

Стандартами в области программного обеспечения БСС являются стек протоколов ZigBee, базирующийся на технологии IEEE 802.15.4, и операционная система (ОС) реального времени TinyOS. БСС, согласно ZigBee/802.15.4, состоят из конечных устройств (узлов), одного координатора, который управляет всей сетью и собирает информацию о ней, и маршрутизаторов, которые принимают данные с датчиков и координируют передачу этой информации в пределах небольшой области. Обычно координатор подключен к стационарному источнику питания и к шлюзу. Узлы и маршрутизаторы имеют автономные источники питания. Узлы БСС способны принимать, хранить и передавать информацию об окружающей среде. Каждый узел состоит из пяти частей: 1) датчик (один или несколько) – необходим для контроля внешней среды; 2) микропроцессор – необходим для локальной обработки информации; 3) коммуникационное аппаратное обеспечение – необходимо для передачи информации; 4) блок питания с ограниченной емкостью; 5) память. В дополнение к этим основным элементам, узел так же может включать систему определения местоположения.

Проблемы энергоэффективности сенсорных сетей заключаются в том, что большая часть энергии потребляется центральным процессором и коммуникационным оборудованием. Узел питается от батареи, заряжать которую в определенных ситуациях достаточно трудно или даже невозможно. Таким образом, можно сделать вывод, что время жизни узла БСС ограничено временем жизни источника питания. Однако некоторые узлы могут получать энергию из окружающей среды, они могут быть снабжены солнечными батареями или устройствами, преобразующими механические колебания в электроэнергию. Но для любого узла БСС актуальна проблема энергоэффективности. Таким образом, одна из основных проблем в БСС состоит в том, как продлить срок службы датчиков без снижения эффективности работы сети.

Для решения данной проблемы были созданы энергосберегающие

протоколы, чтобы минимизировать потребление энергии во время работы сети, и схемы управления питанием – для оптимизации физической реализации узла (совершенствование технологий изготовления кристаллов и минимизация токов утечки).

Узел может находиться в одном из двух режимах: активации или сна. Узлы переключаются между режимами на основе деятельности сети и такое поведение известно под названием рабочего цикла. Рабочий цикл может определяться как отношение времени активности узла ко всему сроку службы.

Уменьшить рабочий цикл можно двумя способами. Первый подход состоит в уменьшении числа узлов, участвующих в переадресации и маршрутизации пакетов – это гарантирует, что узлы, в настоящее время не нужные для передачи, будут спать. Опытным путем доказано [6], что схема контроля топологии уменьшает энергопотребление в два раза. Второй подход состоит в использовании MAC протоколов TRAMA [7], VMAC [8] и ZMAC [9], использующих схемы планирования пробуждения.

Схемы планирования пробуждения [12]:

1) По требованию: узел должен просыпаться только тогда, когда другой узел должен передать ему данные. Для этого вводится дополнительная маломощная «сигнальная» сеть.

2) По графику: все узлы просыпаются одновременно в соответствии с графиком, а потом засыпают на запланированный период.

3) Случайное: каждый узел просыпается в случайный момент времени.

При передаче данных энергии затрачивается больше, чем при обработке данных. Результаты нескольких экспериментов показывают [13], что стоимость передачи одного бита информации эквивалентна стоимости, которая требуется для выполнения тысячи операций. Поэтому большинство алгоритмов сокращения энергопотребления основаны на уменьшении объема передаваемых данных.

Сжатие данных подразумевает кодирование информации на узле источнике и декодирование на приемнике.

Для снижения энергопотребления введено несколько схем сбора данных:

1) Иерархический подход: узлы должны быть оснащены различными типами датчиков. Каждый датчик характеризуется своей собственной точностью и потреблением энергии. Система автоматически определяет, какой датчик активировать, для того, чтобы получить компромисс между точностью и энергопотреблением.

2) Адаптивный подход: рассчитывается объем данных для передачи и доступный заряд батареи узлов, в итоге выбирается маршрут по узлам с наибольшим зарядом батареи.

3) Метод агрегации данных: один из узлов участка сети становится агрегатором. Когда координатору нужно получить усредненные показатели с определенного участка сети, он обращается к агрегатору, который в свою очередь собирает данные со всех ближайших узлов, обрабатывает их и отправля-

ет координатору. Таким образом, затраты на передачу информации намного ниже, чем, когда каждый узел отправляет свои показатели координатору.

4) Различные схемы, минимизирующие количество замеров, которые нужно взять с датчиков. Один из примеров схемы измерений приведен на рисунке 3.

Технология беспроводных сенсорных сетей на основе стандарта 802.15.4 MeshLogic ориентирована на построение одноранговых ячеистых сетей, в которых функциональные возможности каждого сенсорного узла одинаковы, поэтому с помощью модулей ML-Module-Z технологии MeshLogic можно решить задачи мониторинга и контроля, которые критичны к времени автономной работы датчиков [6,7]. Основным отличием платформы MeshLogic от ZigBee является ориентация на построение одноранговых ячеистых сетей, в которых функциональные возможности каждого нота одинаковы [8].

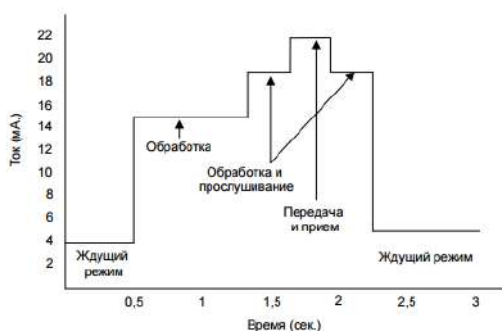


Рисунок 3 – Потребление тока узлом БСС [12]

От величины средней потребляемой мощности встраиваемых модулей ML-Module-Z зависит срок службы автономного элемента питания. Среднее энергопотребление модуля определяется объемом передаваемого и принимаемого в единицу времени трафика, средний ток потребления модуля зависит от его положения в топологии сети и направлений прохождения сетевого трафика.

Топологии сети должна быть ориентирована на энергопотребление узлов и, как следствие, на время бесперебойной работы автономных элементов питания. Для учета данных индивидуальных счетчиков воды целесообразно выбрать топологию «звезда-шина» [20].

Зависимости, представленные на рисунке 4, показывают, что при низком адресном трафике энергопотребление модуля определяется ширококестельным трафиком, поэтому значения периодов передачи сигнальных пакетов следует задавать в соответствии с особенностями условий эксплуатации сети.

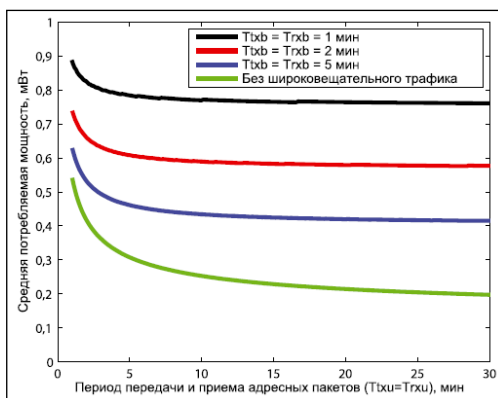


Рисунок 4 – Зависимость средней потребляемой мощности от трафика

В связи с тем, что узлы БСС ограничены в энергоресурсах, при построении сетей чаще всего используется кластерная архитектура, которая подразумевает сокращение расстояния между взаимодействующими узлами и выделение головного узла кластера, отвечающего за сбор и передачу данных. В данном случае возникает риск угрозы выполнения функций головного узла нелегитимным сенсорным узлом, тогда для обеспечения информационной безопасности применяют механизмы обнаружения вторжения на основе сигнатур, аномалий или спецификаций. Одним из полезных шагов, которые могут быть приняты для предотвращения атак, может стать шифрование.

Данная работа выполнена в рамках НИР «Исследование процессов и технических средств для высокоскоростной обработки информации», проводимой в ГБОУ ВО МО «Технологический университет» под руководством д.т.н., профессора Артюшенко В. М и к.т.н., доцента Аббасовой Т. С. [14...28].

Выводы

Проанализированы функции интегрированных беспроводных систем для мониторинга и управления. Проведена оценка показателей качества интегрированных беспроводных систем: пропускная способность и энергоэффективность. Осуществлен анализ влияния работы Bluetooth-устройств на беспроводные сети, поддерживающие протокол IEEE 802.11g/n. Для продления срока службы датчиков БСС без снижения эффективности работы сети предложен комплекс мер, включающий схемы планирования «пробуждения» узлов сети и схемы сбора данных. На примере технологии MeshLogic показано, что средний ток потребления модуля БСС существенно зависит от его положения в топологии сети и направлений прохождения сетевого трафика.

Литература

1. Артюшенко В.М. Оценка влияния электромагнитных помех радиоэлектронных средств на беспроводные устройства малого радиуса действия // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. № 2. Т.6. С.10-17.

2. Артюшенко В.М. Анализ особенностей распространения радиоволн в пикосетях беспроводных устройств малого радиуса действия // Промышленный сервис. 2009. № 4(31). С.32-37.
3. Корчагин В.А. Проблемы электромагнитной совместимости цифрового электротехнического оборудования на промышленных и бытовых объектах // Вестник Ассоциации ВУЗов туризма и сервиса. 2009. № 4. С. 95-98.
4. Артюшенко В.М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех: монография // Королев МО: Изд-во «Канцлер». 2014. 298 с.
5. Артюшенко В.М. Анализ беспроводных технологий обмена данными в системах автоматизации жизнеобеспечения производственных и офисных помещений // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. № 2. Т.6. С.18-24.
6. Белюченко И.М. Анализ электромагнитной совместимости излучающих радиосистем малого радиуса действия в системах сбора телеметрической информации // Двойные технологии. № 4. 2014. С.6-9.
7. Арьков В.Ю. Оптимизация сбора данных в беспроводных сенсорных сетях с использованием нейронной сети с градиентным алгоритмом обучения // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2007. № 10. с. 47-49.
8. Жевак А.В. Построение кратчайшего расписания сбора данных в беспроводной сенсорной сети с ограниченным критическим энергопотреблением // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского: науч. журн. Тамбовск. гос. ун-та. 2008. Т. 2. № 4(10). С. 147-156.
9. Жевак А.В. Нахождение оптимального цикла сбора данных в беспроводной сенсорной сети // Компьютерные науки и информационные технологии: сб. матер. 9-й междунар. науч.-практ. конф. Уфа: УГАТУ. 2007. Т. 3. с. 220-223 (статья на англ. яз.).
10. M. Kutulowski J. Cichon P. Kubiak Algorithmic Aspects of Wireless Sensor Networks // Eds. Poland. Wroslaw: Springer. 2007.
11. Баскаков С.С. Беспроводные сенсорные сети на базе платформы MeshLogic™ // Электронные компоненты. 2006. № 8. с. 65-69.
12. Короткова Е.В. Проблемы энергоэффективности и защиты данных в беспроводных сенсорных сетях // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2016. № 2 (6). С. 125-132.
13. Raghunathan V., Schurgers C., Park S., Energy Aware Wireless Sensor Networks // IEEE Signal Processing Magazine. 2002. Vol. 19. № 2. P. 40-50.
14. Аббасов А.Э. Исследование технологических процессов сборки сложных технических устройств с использованием современных методов обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2015. С. 3-13.
15. Аббасова Т.С. Политика контроля электромагнитной совместимости телекоммуникаций в контексте системного анализа // Двойные технологии. № 2 (75).2016. С. 46-48.

16. Аббасова Т.С. Оптимизация конструкции беспроводных устройств связи из композитных материалов // Двойные технологии № 2 (75). 2016. С. 49-51.
17. Аббасова Т.С. Анализ самоподобия мультимедийного трафика и его влияния на электромагнитную совместимость оборудования телекоммуникационных систем // Двойные технологии. 2015. № 1 (70). С. 21-24.
18. Аббасов А.Э. Организация хранения, обработки и передачи информации в автоматизированной информационной системе экологического контроля // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2016): сб. статей VI международной заочной научно-технической конференции. Ч.1 / Поволжский гос. ун-т сервиса // Тольятти: Изд-во: ПВГУС. 24-25.03.2016. – С. 13-18 (345 с.).
19. Аббасова Т.С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. Т. 6. № 3. С. 10-13.
20. Аббасова Т.С. Интеграция технологии CDMA в технологии телекоммуникационных сетей // Телекоммуникации. 2015. № 12. С. 9-15.
21. Артюшенко В.М. Расчет вероятности блокировки CDMA-ячейки системы подвижной связи при учете структуры трафика // Радиотехника. 2015. № 2. С. 69-75.
22. Артюшенко В.М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций // Радиотехника. 2015. № 2. С. 76-82.
23. Artyushenko V.M., Abbasova T.S. Increasing the efficiency of satellite communication systems by optimizing the parameters of the ground stations // Radioengineering. 2015. № 2. P. 69-75.
24. Artyushenko V.M., Abbasova T.S., Kucherov B.A. Creating cellular networks in rural areas with the largest coverage area // Radioengineering. 2015. № 2. P. 76-82.
25. Аббасова Т.С. Восстановление и проверка корректности телеметрических данных // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2015. С. 55-64.
26. Artuschenko V.M., Abbasova T.S. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems / Biosci. Biotech. Res. Asia. Vol. 11(Nov. Spl. Edn.). pgs. 277-279 (2014).
27. Аббасова Т.С. Обеспечение помехозащищенности беспроводных устройств телекоммуникационных систем // Инфокоммуникационные технологии. 2015. Т. 13. № 1. С. 88-93.
28. Аббасов А.Э. Эффективность принятия решений в сложных технических системах // Новые информационные технологии в науке: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 апреля 2016 г, г. Киров). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2016. С. 22-24. – (194 с.)

УДК 681.3

Вероятность обнаружения беспилотных летательных аппаратов системами дистанционного обнаружения

В.М. Артюшенко, заведующий кафедрой «Информационные технологии и управляющие системы»,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область,

В.И. Воловач, доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационный и электронный сервис»,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти,

Н.А. Васильев, доктор технических наук, профессор, советник при ректорате,
Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы, связанные с вероятностью обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) системами дистанционного обнаружения совместно с дронами-перехватчиками (ДП). Получены выражения для расчета вероятности обнаружения при взаимном перемещении ДП и БЛА по криволинейным траекториям с изменяющимися скоростями при непрерывном и дискретном обследовании. Показано, что потенциал обнаружения обладает свойством аддитивности, поэтому оно может быть использовано при расчете вероятности обнаружения БЛА, движущегося по ломаной траектории, а также при расчете вероятности обнаружения БЛА несколькими ДП, относительно которых объект движется соответственно по своим траекториям.

Беспилотный летательный аппарат, устройство наблюдения, объект поиска, вероятность обнаружения, траектория движения.

The probability of detecting unmanned aerial vehicles systems remote detection

V.M. Artyushenko, doctor of Technical Sciences, Professor,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

V.I. Volovach, doctor of technical Sciences, associate Professor head
of the Department «Information and electronic service»,
State budgetary educational institution of higher education
Volga region state University of service, Tolyatti,

N.A. Vasilyev, doctor of technical Sciences, Professor, Advisor to the rector,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The issues associated with a probability of detection of unmanned flying AP-Paraty (UAV) systems, remote detection, together with drones-perehvatchik (DP). The obtained expressions for calculating the probability of detection in relative motion DP and blah UAV along curved trajectories with changing speeds in continuous and discrete examination. It is shown that the detection capability has the property of additivity, so it can be used in the calculation of the probability of detection UAV, moving along the broken path, as well as calculating the probability of detection UAV several DP with respect to which the object is moving respectively along their paths.

Unmanned aerial vehicle, a monitoring device, the object of the search, the probability of detection, trajectory.

Введение. В последнее время, мы являемся свидетелями появления нового серьёзного вызова безопасности, связанного с беспилотными технологиями. Современные беспилотные летательные аппараты (БЛА) (дроны, квадрокоптеры, мультикоптеры) с фото- и видеокамерами на борту находясь на значительном удалении от объекта, защищённого традиционными системами безопасности, могут вести с воздуха промышленный шпионаж, наблюдение за частной жизнью, заброс или вывоз за охраняемый периметр запрещённых предметов в обход пунктов досмотра и контроля [10, 13].

Сегодня системы безопасности, помимо так называемых «наземных» (контрольно-пропускная система, видеонаблюдение, датчики охраны периметра), должны включать в себя и меры «противовоздушного» характера. В настоящее время, профессиональные комплексы средств обнаружения, отслеживания и нейтрализации любых типов беспилотных летательных аппаратов используются на государственных и промышленных предприятиях, энергетических объектах, в аэропортах, на стадионах, в местах массового скопления людей. Кроме того, они с успехом применяются при мониторинге периметра государственных границ, военных объектов, при обеспечении безопасности высокопоставленных лиц государства.

Зарубежные и отечественные производители постоянно выпускают новые модели дронов и совершенствуют существующие. Темпы роста рынка дронов постоянно идут вверх (рисунок 1) [16].

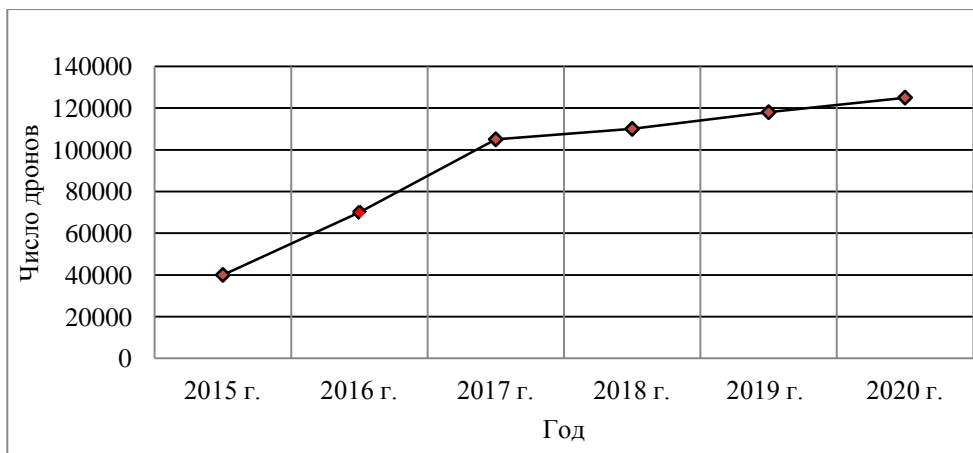


Рисунок 1 – Прогнозируемые темпы роста продаж дронов

Меры противодействия этому новому типу угроз можно разделить на три категории: превентивно-профилактические меры, дистанционное обнаружение дронов (дрон-детекция) и нейтрализация дронов в полёте. К первой категории относятся: законодательство, информационные щиты, геолокационные ограничения в программном обеспечении. Ко второй: акустическую, оптическую, радиочастотную, радарную и мультисенсорную дрон-детекцию. К третьей: радиоподавление и перехват управления, дроны-перехватчики, пневмосети, пневматическое и стрелковое оружие. Каждая из категорий имеет свои преимущества и недостатки.

В настоящее время наиболее оптимальным вариантом обеспечения безопасности маловысотного воздушного пространства является комплекс мер, связанных с дистанционным обнаружением дронов (дрон-детекцией). В данной области активно ведутся разработки различных способов и устройств, способных заблаговременно обнаруживать приближение дистанционно управляемого аппарата, и не допустить его вхождения в запретную зону. Как правило, такое оборудование функционирует на разных принципах или их сочетании.

Ведущие зарубежные производители уже представили на рынке эффективные комплексы дистанционного обнаружения дронов, как для городских условий, так и открытых участков местности, относящаяся к классу радиоэлектронных систем (РЭС), то есть к системам радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Среди РЭС /РЭБ можно выделить следующие виды:

- системы автоматического обнаружения БЛА в заданном секторе (оптические, радарные, акустические, по радиоизлучению, комбинированные);
- системы перехвата управления БЛА;
- системы постановки помех в канале управления БЛА;
- системы, вносящие помехи в работу бортовой электроники, включая

системы уничтожения бортовой электроники, постановки помех для работы систем геопозиционирования БЛА;

- комбинированные системы, включающие различный набор перечисленных выше опций.

Современные системы обнаружения и нейтрализации БЛА должны обладать такими характеристиками как: совместимость с любыми другими системами безопасности; интеграция с иными системами охраны; 360-градусный охват территории; обнаружение БЛА на расстоянии не менее 16 км; обеспечение безопасности периметра на суше и на воде; классификация типов дронов; обнаружение не-дронов; звуковые и визуальные сигналы вторжения; отслеживание траектории в режиме реального времени; идентификация каждого объекта по размеру, скорости и траектории; панорамная камера и локализованные карты; дистанционное управление для нескольких пользователей; стационарный или мобильный варианты установки.

Современные системы активного противодействия БЛА могут быть эффективны только в связке с аппаратурой для дрон-детекции.

Одной из таких систем обнаружения БЛА является система DroneTracker (рисунок 2) [13].

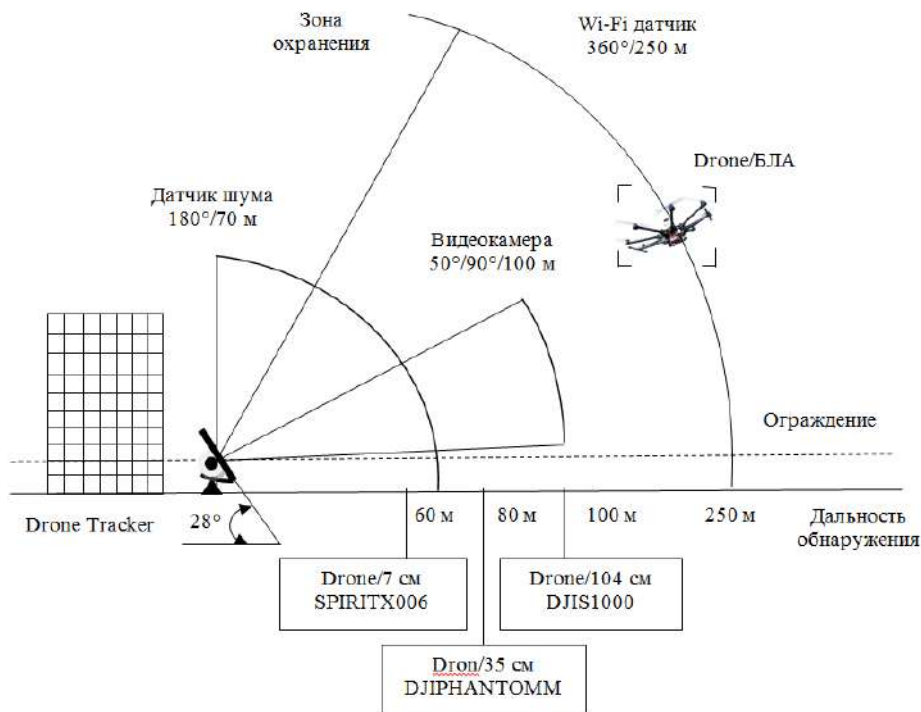


Рисунок 2 – Система обнаружения БЛА

DroneTracker обнаруживает все виды дронов. Радиус обнаружения зависит от размеров дрона, скорости и погодных условий, чем больше и опасней

дрон, тем легче его обнаружить. Например, профессиональные дроны обнаруживаются на расстоянии более 100 метров, любительские – на расстоянии 50-100 метров, дроны шпионы – на расстоянии 20-50 метров.

Эффективность работы DroneTracker – системы обнаружения беспилотников объясняется применением комплекса различных датчиков. Для мониторинга используются, акустические датчики (обнаруживают БПА в радиусе 50-80 м), специальные видеокамеры (работают при дневном свете), инфракрасные датчики (для темного времени суток). Обнаружение дронов любых типов происходит в результате обработки искусственным интеллектом сигналов с датчиков. БПА отличаются характерной формой, траекторией движения и издаваемым шумом, поэтому они опознаются быстро и безошибочно.

Основная видеокамера производит съемку своего сектора воздушного пространства в высоком разрешении. Изображение в режиме реального времени анализируется на компьютере с помощью специального программного обеспечения (ПО) для обнаружения дронов, которое вычисляет их по характерной форме и траектории движения.

Инфракрасная камера работает в ночное время. В отличие от основной видеокамеры в темноте фиксируется меньше деталей, например, таких как цвет корпуса БПЛ или его маркировка. Однако сам факт вторжения, размеры и форма коптера определяются без сбоев. Дополнительно с камерами работают датчики Wi-Fi и датчики шума, которые определяют характерные звуки для всех квадрокоптеров.

В настоящее время на отечественном рынке появилась комплексная система обнаружения и нейтрализации БЛА «Анти-Дрон» [17].

Она позволяет обеспечить безопасность периметра на воде и на суше, предупредить о проникновении БЛА в охраняемый периметр, отслеживать его перемещение внутри периметра, дает возможность автоматического наведения летальных и нелетальных средств защиты для устранения опасности.

Основным элементом системы «Анти-Дрон» является радар Harrier (компания Detect), предназначенный для контроля воздушного пространства и оповещения о вторжении в охраняемую зону БЛА. Он позволяет идентифицировать и отслеживать несанкционированное проникновение и перемещение в охраняемом периметре дронов, коптеров, квадрокоптеров, беспилотников, вертолетов и др.

Радиолокатор защиты периметра от проникновения БПА использует 200 Вт магнетрон X- или S-диапазона с технологией автоматического распознавания птиц, что позволяет не только устранить возможные ложные срабатывания системы на птиц, но и точно определить тип и вид летательного аппарата [18].

Радиолокационная станция обеспечивает полный 360-градусный охват территории с обнаружением дронов или беспилотников на расстоянии до 16 км для стандартных БПА. Если дроны имеют малые и особо малые размеры, то их обнаружение происходит на расстоянии до 5 километров. При этом в обоих случаях обнаружение происходит с автоматической классификацией

типа объекта (беспилотник, квадрокоптер, летательное устройство дистанционного управления, вертолет и т.д.), определением зон проникновения и соответствующими оповещениями в соответствии с заданными установками безопасности.

Проведем краткий анализ характеристик и требований, предъявляемых к аппаратуре современных систем активного противодействия БЛА [15].

Аппаратура акустического обнаружения БЛА. Данная аппаратура должна быть проста в установке и эксплуатации. Она не требует разрешения спецслужб и одинаково эффективна как в дневное, так и ночное время. Как правило, сигнатура (звуковые характеристики) БЛА передаются с акустического датчика на сервер, где осуществляется сравнение с сигнатурами всех беспилотников, скомпонованными в особую базу данных. При совпадении с соответствующей сигатурой (опознании объекта как дрона) выдаётся команда на оповещение. Акустическое дистанционное обнаружение дронов может иметь достаточно большую дальность действия и невосприимчивость к препятствиям типа деревьев, антенн и проводов. Однако в городе из-за высокого уровня фонового шума системы, работающие на таком принципе, будут иметь определённые сложности. Такие системы больше всего подходят для загородных объектов.

Комплексы оптического обнаружения БЛА. Обычно они представляют собой камеры высокого разрешения со специальным программным обеспечением. Как правило, они автоматически фокусируются на малоразмерных воздушных целях. Если, с помощью базы данных визуальных сигнатур такая цель опознана как дрон, то производится запись видео приближения дрона к объекту, включая при этом сигнализацию. Оптическое дистанционное обнаружение хорошо функционирует в плотной городской застройке, так как имеет сравнительно невысокий радиус действия и невосприимчиво к шуму. Его основной недостаток заключается в том, что дроны, собранные любителями, часто имеют силуэты, отличные от силуэтов серийных БЛА, что может помешать их распознаванию.

Обнаружение дронов по характерным радиосигналам. С помощью обнаружения БЛА по характерным радиосигналам могут быть с успехом решены проблемы, связанные с фоновым шумом, ограниченной видимости и малого радиуса действия. Как правило, антенные комплексы для детекции БЛА оснащаются удобным интерфейсом, дающим графическое отображение окружающей местности, метку «засечённого» в воздухе БЛА, и оповещающим о вторжении. Однако, современные БЛА не всегда управляются по радио. Маршрут их полёта может быть запрограммирован через GPS. Поэтому не во всех случаях системы радиочастотного дистанционного обнаружения могут быть эффективны.

Радарное дистанционное обнаружение. Его несомненным преимуществом является дальность действия, достигающая нескольких километров. Это оставляет достаточно времени для принятия контрмер, оповещения со-

трудников на объекте и звонка в правоохранительные органы. Специальные параметры настройки систем дистанционного обнаружения позволяют им не реагировать на птиц и пилотируемые воздушные суда. Несмотря на их очевидные достоинства, они имеют и свои недостатки. Связаны они с тем, что данные системы являются аппаратурой двойного назначения. Их интеграция в системы безопасности объектов может потребовать особого разрешения от органов государственного контроля и согласования со структурами, эксплуатирующими навигационное и коммуникационное оборудование.

Мультисенсорные детекторы дронов. Недостатки и ограничения вышеперечисленных систем сведены к минимуму в аппаратуре мультисенсорного обнаружения дронов. Они могут обрабатывать сигнал цели по комбинации разных каналов: оптического, теплового, акустического, ультразвукового, радиочастотного и радиолокационного. Выполнив многоуровневую проверку опознавания объекта как БЛА, такая система включает оповещение и автоматическую запись видео для последующего предоставления улик. Это повышает вероятность обнаружения и во многом решает проблему ложных срабатываний, делает эти системы очень удобными для городских условий и быстрого развёртывания в мобильном варианте на любом объекте.

Противодроны. Различные силовые и охранные структуры могут использовать так называемые дроны-перехватчики. Такие дроны имеют гораздо более мощные дизельные двигатели. Они оснащены защищенным корпусом и устройствами для разрушения других дронов, например, незаконно запущенных или находящихся на охраняемых запретных для полетов территориях.

Рассмотрим и проанализируем вероятность обнаружения БЛА системами дистанционного обнаружения, совместно с дронами-перехватчиками.

Как известно, под поиском понимается процесс целенаправленного обследования определенной области пространства для обнаружения находящегося там объекта. Под обнаружением понимается получение информации о месте объекта путем установления с ним прямого энергетического контакта. Как уже было отмечено, обнаружение может осуществляться с помощью различных технических средств – радиолокационных, акустических, оптических и других приборов [1, 6, 12].

В процессе поиска применение средств обнаружения может сочетаться с активным маневром носителя этих средств – устройством обнаружения (УО). В нашем случае таким устройством будет являться дрон-перехватчик (ДП). Дроны-перехватчики могут автоматически наводиться, например, по шуму двигателей преследуемого дрона или по его изображению в системе «компьютерного зрения» дрона-перехватчика.

В связи с этим особенное значение приобретает закономерность взаимного перемещения УО и объекта поиска (ОП), получившее название кинематика поиска.

Как правило, кинематические характеристики ОП, их местоположение и элементы движения в каждый момент времени неизвестны. В связи с этим, величины характеризующие положение и движение ОП относительно УО,

рассматриваются, в общем случае, как случайные и независимые друг от друга. При этом каждая из указанных величин характеризуется своим распределением [14, 19].

Положение ОП относительно УО и их скорости могут быть охарактеризованы плотностью вероятности данных кинематических характеристик. Так, если в качестве кинематических характеристик ОП заданы такие величины, как V_o – скорость объекта, ξ – угол разности курсов УО и объекта, r – расстояние УО – объект, q_n – курсовой угол УО на объект (угол между курсом УО и направлением от него на объект), то вероятность того, что объект будет иметь скорость, заключенную между V_o и V_o+dV_o , угол разности курсов между ξ и $\xi+d\xi$, расстояние УО – объект между r и $r+dr$ и курсовой угол между q_n и q_n+dq_n , можно представить в виде:

$$P(V_o, \xi, r, q_n)dV_o d\xi dr dq_n. \quad (1)$$

Если надо определить вероятность кинематических характеристик в некотором диапазоне, то выражение (1) следует проинтегрировать по всем переменным в заданных пределах.

Как правило, поиск организуют, чтобы обнаружить объекты определенного класса, скорость которых V_o лежит в определенных пределах, вследствие чего ее считают известной. На практике наиболее часто встречаются равномерное и нормальное распределение вероятных мест ОП [5, 11]. При равномерном распределении вероятных мест ОП считается, что достоверно известна площадь действия объекта, а место и направление его движения неизвестны. В этом случае принимается гипотеза о равномерном распределении местоположения объекта в районе определенной площади и равномерном распределении его движения в пределах от 0 до 2π .

При нормальном распределении вероятных мест ОП поисковые действия организуются на основе данных о местоположении объекта на определенный момент времени, после которого поступление данных по тем или иным причинам прекратилось. Рассмотрим и проанализируем нормальное распределение вероятных мест ОП более подробно. Пусть в определенный момент времени обнаружен некий БЛА (рисунок 3).

Место БЛА было получено с некоторой ошибкой (погрешностью). Центр распределения вероятных мест БЛА будет находиться в точке O . Одно из возможных случайных положений БЛА в момент обнаружения – точка A , находящаяся от центра распределения на расстоянии r_o . Сразу после обнаружения БЛА контакт с ним был, по каким-то причинам, потерян. Требуется организовать поисковые действия с помощью ДП для его повторного обнаружения, используя для этого данные о месте его первоначального обнаружения.

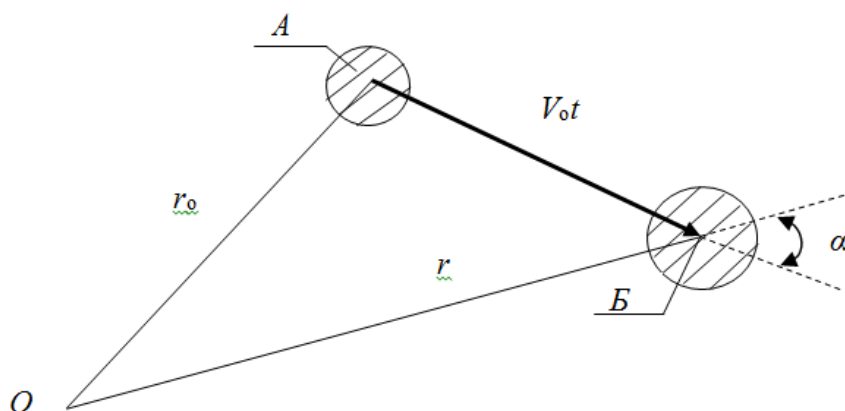


Рисунок 3 – Геометрическое пояснение распределения вероятностных мест БЛА после его первоначального обнаружения

В этой связи необходимо найти закон изменения плотности вероятности нахождения БЛА в различных точках окрестности его первоначального обнаружения. Предполагается, что БЛА уходит из места первоначального обнаружения с постоянной скоростью V_0 . При этом курсы его равномерно распределены от 0 до 360° (2π).

С приемлемой для практических задач точностью можно считать, что ошибки в определении места первоначального обнаружения БЛА подчиняются нормальному круговому закону на плоскости, плотность распределения которого выражается как [9]:

$$f(r_0) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{r_0^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad (2)$$

где σ – среднеквадратическая ошибка места БЛА, зависящая от точности знания места наблюдателем и точности определения координат БЛА относительно ДП.

Через промежуток времени t после момента первоначального обнаружения БЛА удалится от места обнаружения на расстояние $V_0 t$. Предположим, что он окажется в случайной точке B на расстоянии r от центра распределения.

Рассмотрим вначале случай, когда курс БЛА составляет с направлением от центра распределения на новое место БЛА угол в пределах между α и $\alpha + d\alpha$. При этом БЛА через время t будет находиться в пределах некоторой площади dB .

Плотность вероятности события «БЛА находится в площади dB » является произведением плотностей вероятностей двух независимых событий:

- БЛА имеет данный курс, составляющий с направлением OB угол между α и $\alpha + d\alpha$. Плотность вероятности этого события по условию задачи равна $d\alpha/2\pi$;

- БЛА в момент первоначального обнаружения находился в точке A на расстоянии от точки B , равном $V_0 t$, в направлении, обратном курсу БЛА. Плотность вероятности этого события соответствует выражению (2).

Подставив вместо r_0 его значение (рис. 1),

$$r_0^2 = r^2 + V_0^2 t^2 - 2rV_0 t \cos \alpha,$$

получим

$$f(r_0) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2 - 2rV_0 t \cos \alpha}{2\sigma^2} \right\}.$$

Следовательно, плотность вероятности события «БЛА находится в площади dB » равна

$$\frac{d\alpha}{2\pi} \times \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2 - 2rV_0 t \cos \alpha}{2\sigma^2} \right\}. \quad (3)$$

Для получения искомого закона распределения плотности вероятности то, что БЛА через время t будет находиться на расстоянии r от центра распределения $f(r, t)$, проинтегрируем полученное произведение (3) по всем возможным значениям угла α от 0 до 2π :

$$\begin{aligned} f(r, t) &= \int_0^{2\pi} \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2 - 2rV_0 t \cos \alpha}{2\sigma^2} \right\} d\alpha = \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2}{2\sigma^2} \right\} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ \frac{rV_0 t \cos \alpha}{\sigma^2} \right\} d\alpha. \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку интеграл в (3) через элементарные функции не выражается, выразим его через функцию Бесселя 1-го рода [2].

Придавая показателю степени экспоненте (\exp) знак минус, чтобы не изменить значения результата, одновременно умножим его на $i^2 = -1$:

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ -\frac{i^2 rV_0 t \cos \alpha}{\sigma^2} \right\} d\alpha = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp \left\{ -\frac{irV_0 t \cos \alpha}{\sigma^2} \right\} d\alpha = I_0 \left(\frac{rV_0 t}{\sigma^2} \right). \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) получим

$$f(r, t) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2}{2\sigma^2} \right\} I_0 \left(\frac{rV_0 t}{\sigma^2} \right), \quad (6)$$

где I_0 – функция Бесселя 1-го рода нулевого порядка от мнимого аргумента.

Таким образом, можно сказать, что выражение (6) описывает неравномерное распределение вероятных мест БЛА, для случая, когда курсы БЛА равновероятны в пределах от 0 до 360° (2π), а его скорость точно известна и в процессе не меняется.

Кинематика поиска при взаимном перемещении ДП и БЛА. На практике, часто бывают случаи когда курсы БЛА не равновероятны в пределах от 0 до 360° (2π), а распределены равномерно в секторе ($K_2 - K_1$). В этом случае выражение для плотности распределения вероятных мест БЛА будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} f(r, t) &= \frac{1}{2(K_2 - K_1)} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2}{2\sigma^2} \right\} \frac{1}{\pi} \int_{K_1}^{K_2} \exp \left\{ -\frac{i^2 rV_0 t \cos \alpha}{\sigma^2} \right\} d\alpha = \\ &= \frac{1}{2(K_2 - K_1)} \exp \left\{ -\frac{r^2 + V_0^2 t^2}{2\sigma^2} \right\} Z_0 \left(\frac{irV_0 t}{\sigma^2} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

где $Z_0 = C_1 I + C_2 N_0$; N_0 – функция Бесселя 2-го рода нулевого порядка от мнимого аргумента; C_1 и C_2 – постоянные зависящие от пределов интегрирования K_1 и K_2 .

Как правило, скорость БЛА не является постоянной и точно известной величиной [3, 4, 7]. Рассмотрим, как изменится выражение (7), если БЛА будем считать не как постоянную величину, а как величину случайную, подчиненную определенному закону распределения. При этом возможно два варианта учета скорости БЛА.

Первый вариант – когда считается, что с известной точностью мы располагаем сведениями о возможной скорости БЛА. В этом случае распределение скорости БЛА принимается соответствующим релеевскому закону, плотность распределения которого описывается выражением

$$f(V_0) = \frac{V_0}{\sigma_{V_0}^2} \exp\left\{-\frac{V_0^2}{2\sigma_{V_0}^2}\right\},$$

где $\sigma_{V_0}^2$ – среднеквадратическая ошибка в определении скорости БЛА.

Зная, что закон Релее описывает распределение длины случайного вектора, проекции которого на координатные оси подчиняются нормальному закону, можно считать, что ошибка в определении вектора скорости БЛА является случайной величиной, подчиняющейся нормальному круговому закону.

Второй вариант – когда считается, что мы не располагаем определенными данными о скорости БЛА, при этом скорость БЛА может быть равновероятной в пределах всего диапазона возможных скоростей БЛА от 0 до V_{\max} . В этом случае при рассмотрении плотности распределения величины скорости БЛА целесообразно принять закон равной вероятности. При этом дифференциальный закон распределения для скорости будет иметь вид:

$$f(V_0) = \begin{cases} V_{0.\max}, & \text{если } 0 < V_0 < V_{0.\max}, \\ 0 & \text{вне этого промежутка.} \end{cases}$$

Среднее значение скорости (математическое ожидание) будет равно

$$V_{0.\text{cp}} = V_{0.\max}/2$$

Среднеквадратическая ошибка в определении скорости равна

$$\sigma_{V_0}^2 = V_{0.\max}/2\sqrt{3} \approx 0,3V_{0.\max}.$$

Траектория ДП и БЛА. В общем случае поиск должен рассматриваться в трехмерном пространстве. Однако наиболее часто поиск рассматривают на плоскости.

Как правило, процесс поиска связан с движением УО и ОП. Традиционным является переход к относительному движению, когда УО условно неподвижен, а движение объектов происходит с относительной скоростью и относительным курсом. Для этого перехода строится треугольник сложения векторов скоростей, так называемый скоростной треугольник. Движение УО характеризуется его скоростью V_n и истинным курсором, а движение объекта – скоростью V_0 и углом разности курсов ξ , отсчитываемых от V_n к V_0 по направлению движения часовой стрелки соответственно (рисунок 4) [14].

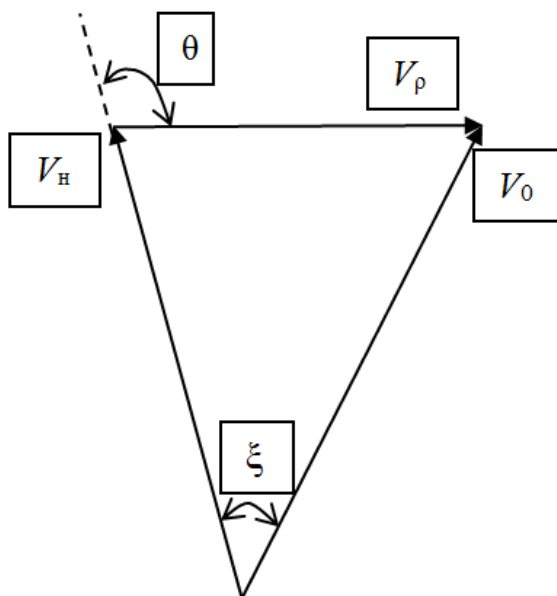


Рисунок 4 – Геометрическое пояснение треугольника сложения векторов скоростей УО и объекта поиска

Относительное движение объекта поиска характеризуется относительной скоростью V_p и относительным курсом θ .

Из треугольника скоростей, по теореме косинусов, получим

$$V_p = \sqrt{V_H^2 + V_0^2 - 2V_H V_0 \cos \xi},$$

проецируя V_H и V_0 на V_p :

$$V_p = -V_H \cos \xi \pm \sqrt{V_0^2 - V_H^2 \sin^2 \theta};$$

по теореме синусов

$$\sin \theta = (V_0/V_H) \sin (\theta - \xi).$$

Воспользовавшись полярной системой координат (рисунок 5), выведем уравнение траектории относительного движения БЛА [14], в которой за начало отсчета примем место ДП в начальный момент времени t_0 (точка H), за полярную ось – прямую, совпадающую с линией курса ДП HV_n , за радиус-вектор – вектор \vec{r} – расстояние от ДП до БЛА, за полярный угол q_n – угол, отсчитываемый от V_H к r по направлению движения часовой стрелки.

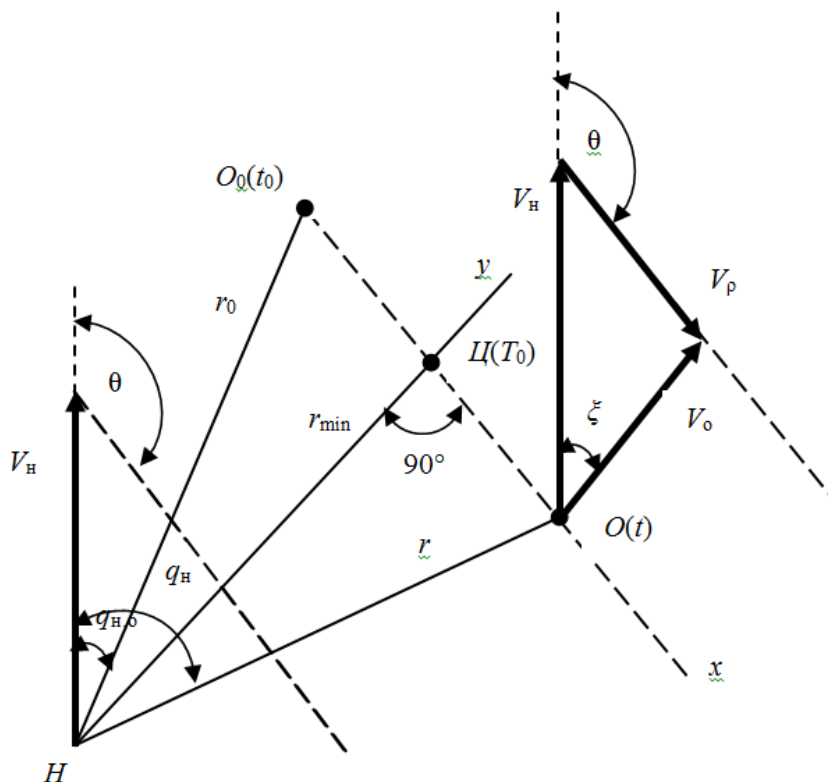


Рисунок 5 – Геометрическое пояснение относительной траектории движения при поиске

Если принять, что в начальный момент времени t_0 расстояние между ДП и БЛА равно r_0 , а курсовой угол на БЛА равен $q_{н.о}$, то в текущий произвольный момент времени t

$$r = r_0 + (t - t_0)V_p.$$

Выразим r и q_n через r_0 и q_n . Из $\triangle HO_0O$ следует, что

$$V_p^2 (t - t_0)^2 = r^2 + r_0^2 - 2rr_0 \cos (q_n - q_{н.о});$$

$$(V_n^2 + V_o^2 - 2V_n V_o \cos \xi) (t - t_0)^2 = r^2 + r_0^2 - 2rr_0 \cos (q_n - q_{н.о}).$$

Во всех случаях, за исключением равенства, когда $V_n = V_o$, между линией относительного курса БЛА и ДП имеется наименьшее расстояние, равное

$$r_{\min} = r_0 \sin (\theta - q_{н.о}).$$

Это расстояние принято называть траверсной дальностью, а точку O – относительным траверзом [19].

Примем за ось абсцисс прямоугольной системы координат x – направление относительного курса БЛА, а за ось ординат – y – направление относительного траверза. Начало координат возьмем в точке наибольшего сближе-

ния в момент относительного траверза (T_0), за положительное направление оси x – направление вектора относительной скорости БЛА V_p . При этом в данной прямоугольной системе координат уравнение траектории движения БЛА будет иметь вид:

$$\begin{cases} x = V_p(t - T_0) \\ y = 0 \end{cases},$$

где T_0 – момент максимального сближения БЛА и УО.

Курсовой угол на БЛА $q_{н.о}$ и расстояние между ДП и БЛА r_0 будут определяться, соответственно, как

$$q_{н.о} = \arctg(x/y); r_0^2 = x^2 + y^2.$$

Движение ДП и БЛА по криволинейным траекториям с ускорениями (переменными скоростями). Рассмотрим и проанализируем общий случай, когда ДП и БЛА движутся по сложной траектории с переменными скоростями. Определим вероятность обнаружения БЛА при непрерывном и дискретном обследовании.

Примем, что поиск представляет собой случайный процесс марковско-го типа, то есть процесс, в котором будущее состояние системы определяется ее настоящим состоянием и не зависит от ее состояния в прошлом [8]. При рассмотрении марковских случайных процессов с непрерывным временем и дискретными состояниями используется так называемое понятие как «поток событий». Применительно к процессу поиска поток событий – это последовательность обнаружений объекта поиска УО. В теории поиска такой поток называют потоком обнаружений [14].

Как правило, принято считать, что поток обнаружений обладает следующими свойствами: отсутствием последействия, ординарностью и стационарностью. Поток событий, обладающий всеми этими свойствами, называется стационарным пуассоновским, характеризующимся распределением Пуассона, или простейшим потоком [8].

Заметим, что поток событий, обладающий первыми двумя свойствами, но не являющийся стационарным, называется нестационарным пуассоновским потоком.

В теории поиска вероятность хотя бы одного обнаружения объекта за время поиска принято называть вероятностью обнаружения $P_{об}$, которая для стационарного и нестационарного пуассоновского потока определяется, соответственно, исходя из выражений:

$$P_{об} = 1 - e^{-F} = 1 - e^{-\lambda t_n},$$

$$P_{об} = P_{об}(t) = 1 - e^{-F(t)} = 1 - \exp\left\{-\int_{t_0}^{t_0+t_n} \gamma(t) dt\right\}, \quad (8)$$

где F – поисковый потенциал (потенциал обнаружения); γ – интенсивность потока обнаружений (интенсивность поиска), то есть среднее число обнаружений в единицу времени; t_n – время поиска; t_0 – начало отсчета времени поиска.

Если интенсивность потока обнаружений с течением времени остается постоянной $\gamma = \text{const}$ (стационарный пуассоновский поток), то поисковый

потенциал равен

$$F = \gamma t_n. \quad (9)$$

Если интенсивность потока обнаружений с течением времени изменяется (нестационарный пуассоновский поток), то есть является переменной величиной, зависящей от времени $\gamma = \gamma(t)$, то

$$F = F(t) = \int_{t_0}^{t_0+t_n} \gamma(t) dt.$$

Обследование пространства в процессе проведения поиска, в зависимости от конструктивных особенностей УО и способов их использования, может быть как непрерывным, так и дискретным во времени.

В случае дискретного обследования, важным критерием для оценки эффективности УО, является элементарная вероятность g обнаружения ОП на данной дальности посредством одного мгновенного наблюдения. Если принять, что мгновенные наблюдения производятся при неизменных физических условиях и обнаружение ОП в каждом из них представляет собой независимое событие, вероятностью $P_{об}(n)$ обнаружения ОП хотя бы один раз при n мгновенных наблюдениях можно найти в соответствии с теоремой о повторении независимых опытов по формуле

$$P_{об}(n) = 1 - (1 - g)^n. \quad (10)$$

В случае непрерывного обследования, важнейшим критерием для оценки эффективности УО является элементарная вероятность γdt обнаружения в течение времени dt . При этом величина γ является элементарной плотностью вероятности числа обнаружений, то есть интенсивностью потока обнаружений (интенсивность поиска).

Если обследование производится непрерывно в течение времени t при неизменных физических условиях, то вероятность $P_{об}(t)$ обнаружения ОП за время t_n в соответствии с (8) и (9) будет определяться как [14]

$$P_{об}(t) = 1 - e^{-\gamma t_n}, \quad \gamma = \text{const}.$$

Как правило, на практике, расстояние r между УО и ОП не является постоянной величиной, и элементарные вероятности обнаружения изменяются во времени.

Обозначим меняющиеся значения элементарных вероятностей через g_i и $\gamma_t dt$, где g_i – элементарная вероятность обнаружения ОП для i -го мгновенного наблюдения, а γ_t – плотность вероятности обнаружения ОП, меняющаяся со временем.

В этом случае формулы для расчета вероятности обнаружения будут иметь вид [14]:

- при дискретном обследовании

$$P_{об} = 1 - (1 - g_1)(1 - g_2)(1 - g_3) \dots (1 - g_i) \dots (1 - g_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - g_i) \quad (11)$$

- при непрерывном обследовании

$$P_{об} = 1 - e^{-\int_0^t \gamma_t dt}. \quad (12)$$

Заметим, что аналитические выражения для расчета элементарных вероятностей обнаружения могут быть найдены, если известен закон распре-

ления дальности действия УО [5].

Если предположить, что опыты по определению закона распределения дальности действия УО проводятся в условиях постоянства факторов, определяющих закономерности изменения дальности действия (основные факторы), то элементарную вероятность обнаружения g_i и плотность вероятности обнаружения γ_t можно считать зависящими только от расстояния r между УО и объектом поиска, то есть

$$g_i = g_i(r); \gamma_t = \gamma_t(r) \quad (13)$$

Так как, в нашем случае, ДП и БЛА движутся по сложной траектории с переменными скоростями, то непрерывное изменение их относительного положения приводит к изменению элементарных вероятностей обнаружения. Найдем выражения для элементарных вероятностей g_t и $\gamma_t dt$ на произвольно взятый момент времени t и для расчета вероятности обнаружения БЛА за любой отрезок времени, находящийся в пределах $t_{н.отр} \leq t \leq t_{к.отр}$, где $t_{н.отр}$ и $t_{к.отр}$, соответственно, начало и конец отрезка времени наблюдения.

Зададимся прямоугольной системой координат ξ, η (рисунок 6) с началом в точке нахождения ДП и вычертим относительную траекторию БЛА S [14].

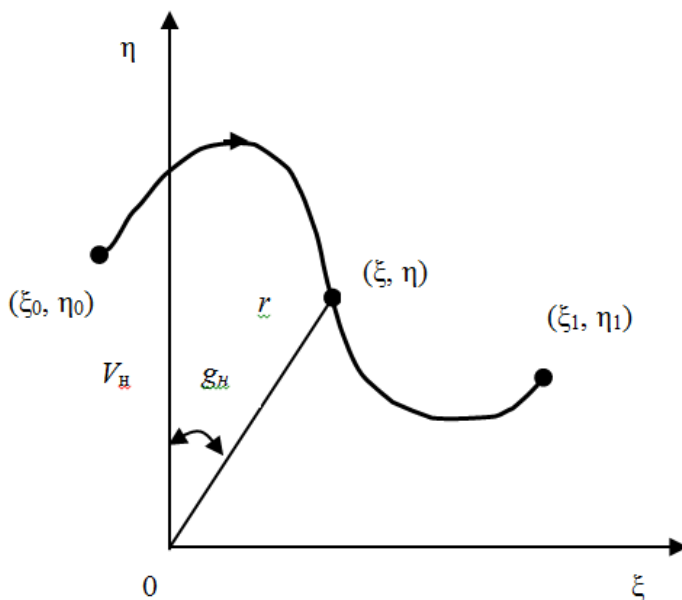


Рисунок 6 – Относительная траектория БЛА в прямоугольной системе координат

Предположим, что нам заданы координаты БЛА и функции времени, т.е. известны уравнения его относительного движения:

$$\xi = \xi(t); \eta = \eta(t).$$

Так как

$$r = \sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)},$$

то уравнения (13) можно представить в виде:

$$g = g\left[\sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)}\right] = g_i, \quad (14)$$

$$\gamma(r)dt = \gamma\left[\sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)}\right]dt = \gamma_t dt \quad (15)$$

Полученные равенства (14) и (15) являются искомыми аналитическими выражениями, позволяющими при знании траектории относительного движения БЛА рассчитать элементарные вероятности обнаружения его на произвольный момент времени t .

Воспользовавшись уравнениями (11) и (12) найдем выражения для расчета вероятности обнаружения БЛА на отрезке траектории между точками с координатами (ξ_0, η_0) и (ξ_1, η_1) :

– при дискретном обследовании

$$P_{об}(S) = 1 - \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - g\left[\sqrt{\xi^2(t_i) + \eta^2(t_i)}\right] \right\}; \quad (16)$$

– при непрерывном обследовании

$$P_{об}(S) = 1 - \exp\left\{-\int_{t_{н.отр}}^{t_n} \gamma\left[\sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)}\right]dt\right\}. \quad (17)$$

В уравнении (17) t_i – момент i -го мгновенного наблюдения, а n – количество мгновенных наблюдений за время от момента $t_{н.отр}$ до момента $t_{к.отр}$, причем $t_{н.отр} \leq t_1 \leq t_2, \dots, t_i, \dots, < t_n \leq t_{к.отр}$.

На основании ранее оговоренных условий (8), представим выражения (16) и (17) в виде равенства

$$P_{об}(S) = 1 - \exp\{-F(S)\}, \quad (18)$$

где для дискретного обследования

$$F(S) = \sum_{i=1}^n \ln \left\{ 1 - g\left[\sqrt{\xi^2(t_i) + \eta^2(t_i)}\right] \right\},$$

а для непрерывного

$$F(S) = \int_{t_{н.отр}}^{t_n} \gamma\left[\sqrt{\xi^2(t) + \eta^2(t)}\right]dt.$$

Так как $ds = V_\rho dt$, то выражение для $F(S)$ можно представить в виде криволинейного интеграла по траектории S , то есть

$$F(S) = \int_S \frac{\gamma(r)ds}{V_\rho}.$$

Потенциал обнаружения $F(S)$ обладает свойством аддитивности, которое в данном случае означает, что если S_1 и S_2 – две траектории и $S = S_1 + S_2$ их комбинация или сумма, а $P_{об}(S) = P_{об}(S_1 + S_2)$ является вероятностью обнаружения ОП хотя бы на одной из этих траекторий, то $P_{об}(S)$ можно рассчитать по формуле (18), причем

$$F(S_1 + S_2) = F(S_1) + F(S_2). \quad (19)$$

Чтобы подсчитать вероятность обнаружения ОП на траектории S_1 или S_2 можно воспользоваться формулой сложения вероятностей для совместных событий [14]:

$$P_{06}(S) = 1 - [1 - P_{06}(S_1)][1 - P_{06}(S_2)]. \quad (20)$$

Так как

$$P_{06}(S_1) = 1 - \exp\{-F(S_1)\}, \quad (21)$$

$$P_{06}(S_2) = 1 - \exp\{-F(S_2)\}, \quad (22)$$

то после подстановки (21) и (22) в равенство (20) получим

$$P_{06}(S) = 1 - \exp\{-F(S_1)\}\exp\{-F(S_2)\}. \quad (23)$$

Полученный результат свидетельствует о справедливости формулы (19).

Заметим, что свойство аддитивности потенциала обнаружения применимо к любому числу траекторий. Поэтому оно может быть использовано при расчете вероятности обнаружения БЛА, движущегося по ломанной траектории, а также при расчете вероятности обнаружения БЛА несколькими ДП, относительно которых БЛА движется соответственно по траекториям $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_N$.

Заметим, что на практике часто траектория БЛА является прямолинейной, а относительная скорость V_p – постоянной. В этом случае, наиболее целесообразно проводить расчеты с помощью прямоугольной системы координат x и y , где x является тразевным расстоянием, а за ось y принимается прямая, совпадающая с линией относительного перемещения БЛА.

В данной системе координат уравнение движения БЛА можно представить в виде:

$$x = \text{const}; y = V_p t,$$

где t измеряется от момента наибольшего сближения БЛА с ДП, а за положительное направление оси y принимается положительное направление вектора относительной скорости V_p .

Для равномерного и прямолинейного движения ДП и БЛА поиска потенциал обнаружения можно определить по формулам:

- при дискретном обследовании

$$F(S) = -\sum_{i=1}^n \ln \left[1 - g \left(\sqrt{x^2 + V_p^2 t_i^2} \right) \right] = -\sum_{i=1}^n \ln \left[1 - g \left(\sqrt{x^2 + y_i^2} \right) \right], \quad (24)$$

- при непрерывном обследовании

$$F(S) = \int_t^{t_n} \gamma \left[\sqrt{x^2 + V_p^2 t^2} \right] dt = \frac{1}{V_p} \int_{y_{н.тр}}^{y_{к.тр}} \gamma \left[\sqrt{x^2 + y^2} \right] dy. \quad (25)$$

В формулах (24) и (25) y_i – расстояние от БЛА до точки максимального сближения с ДП в момент $-i$ -м мгновенного наблюдения; $y_{н.тр}, x_{н.тр} = x, y_{к.тр}, x_{к.тр} = x$ – крайние точки (начало и конец) траектории S .

Как видно из выражений (23), (24) и (25), вероятность $P_{06}(x)$ обнаружения БЛА является функцией тразевного расстояния x .

Выводы. Таким образом, получены выражения для расчета вероятности обнаружения при взаимном перемещении ДП и БЛА по криволинейным траекториям с изменяющимися скоростями при непрерывном и дискретном обследовании. Показано, что потенциал обнаружения обладает свойством аддитивности, поэтому оно может быть использовано при расчете вероятности

обнаружения БЛА, движущегося по ломаной траектории, а также при расчете вероятности обнаружения БЛА несколькими ДП, относительно которых объект движется соответственно по своим траекториям.

Литература

1. Абчук В.А., Суздаль В.Г. Поиск объектов // М. : Сов. Радио. 1977. 336 с.
2. Артюшенко В.М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУВПО «ФТА» // М. 2013. 214 с.
3. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 2-6. С.42-46.
4. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С.115-119.
5. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Оценка погрешности измерения параметров движения протяженных объектов в условиях изменяющейся дальности // Известия высших учебных заведений. Радиотехника. 2015. Т.58. № 1(631). С.26-37.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов // М. Наука. 1967.
7. Воловач В. И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств ближнего действия // М.: Радио и связь. 2013. 228 с.
8. Демуренко К. А. Защита от дронов – новый элемент системы безопасности // 28 Марта 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://securportal.ru/news/zashchita-ot-dronov-novyuy-element-sistem-bezopasnosti/>.
9. Демуренко К.А. Дроны – новая угроза с высоты //Алгоритм безопасности. – 2016. № 2. С.48-50.
10. Дубровин К.О., Ситротин П.А. Время пребывания цели в районе поиска // Морской сборник. 1965. № 6.
11. Левин Б.Р. Теоретические основы статической радиотехники; 3-е изд., перераб. и доп. // М.: Сов. Радио. 1989. 656 с.
12. Приходько Дмитрий Система «анти-дрон» уведомит вас о приближающемся БПЛА 20.06.2014 [14:02] [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://newobninsk.ru/rcclub/sistema-anti-dron-uedomit-vas-priblizhayuschemya-bpla-t373.html>.
13. Радиолокационные устройства. Под ред. Григорина-Рябова В.А. // М. Сов. Радио. 1970.
14. Радиолокационные характеристики летательных аппаратов / М. Е. Марганов, Ю. С. Зиновьев, Л. Ю. Астанин [и др.]; под ред. Л. Т. Тучкова // М.: Радио и связь. 1985. 236 с.

- 15.[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.drone-tracker.ru/> Защи-тите свое воздушное пространство от вторжения дронов.
- 16.[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://anti-drone.ru/> Система обна-ружения и нейтрализации беспилотных летательных аппаратов «Анти-Дрон».
- 17.Сосулин Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособие для вузов // М.: Радио и связь. 1992. 304 с.
- 18.Финкельштейн М. И. Основы радиолокации // М.: Радио и связь. 1983. 536 с.

УДК 621.391.26:519.2

**Анализ моделей плотности распределения вероятностей
огibaющей сигнала, отраженного от протяженных объектов**

В.М. Артюшенко, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационные технологии и управляющие системы,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область,

Н.А. Васильев, доктор технических наук, профессор кафедры
«Информационные системы и технологии проектирования,
производства и управления»

при ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»» г. Королев, Мо-
сковская область,

М.Е. Ставровский, доктор технических наук, профессор,
зам. директора по науке

Федеральное Государственное Автономное Учреждение
Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленности
политики», г. Королев, Московская область,

К.Л. Самаров, доктор физико-математических наук, профессор,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Рассмотрены и проанализированы вопросы, связанные с анализом мо-
делей плотности распределения вероятностей огibaющей сигнала, отра-
женного от протяженных объектов, используемые при анализе и синтезе
радиотехнических устройств ближней радиолокации.*

Радиолокация протяженных объектов, распределение огibaющей отраженно-
го сигнала, многолучевость.

**Analysis of models of the density of the probability distribution of the
envelope signal reflected from extended objects**

V.M. Artyushenko, doctor of Technical Sciences, Professor,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

N.A. Vasilyev, doctor of technical Sciences, Professor,
«Information systems and technologies of design, production and management»,
when JSC «Corporation «Tactical missiles» Korolev, Moscow region,

E.M. Stavrovskiy, doctor of technical Sciences, Professor,
Deputy Director for science Federal State Autonomous Institution
Scientific research Institute «Center for ecological industry policy»,

Korolev, Moscow region,
K.L. Samarov, doctor of physico-mathematical Sciences, Professor,
 State Educational Institution of Higher Education
 Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

Reviewed and analyzed issues associated with the analysis of patterns of density probability distribution of the envelope of the signal reflected from the extended objects that are used in the analysis and synthesis of radio engineering devices of short-range radiolocation.

Radar extended objects, the distribution of the envelope of the reflected signal, multipath.

Введение. При оптимальном проектировании радиотехнических систем и устройств ближней радиолокации, необходима адекватная модель плотности распределения вероятностей (ПРВ) огибающей (амплитуды) (ПРВА), фазы (ПРВФ) и частоты сигнала отраженного от лоцируемого объекта, а также помех воздействующих на обрабатываемый сигнал [3-6, 9]. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся модели ПРВА сигнала используемые в радиолокационных системах ближнего радиуса действия, когда лоцируемые объекты можно представить в виде пространственной области состоящей из совокупности так называемых «блестящих» (отражающих) точек.

Модель ПРВ отраженного сигнала. Как уже было отмечено, при радиолокации на малых расстояниях лоцируемый объект, как правило, можно рассматривать в виде суммы сигналов $s_i(t, \lambda)$, отраженных от N – «блестящих» точек, «образующих» сам протяженный объект [4, 5]

$$s(t, \lambda) = \sum_{i=1}^N \operatorname{Re} s_i(t, \lambda), \quad (1)$$

где λ – информационный параметр сигнала.

Наибольший практический интерес представляют ПРВА, ПРВФ и частоты принимаемого сигнала.

Рассмотрим некоторые широко употребляемые частные случаи модели сигнала (1).

Двумерная ПРВ огибающей сигнала отраженного от протяженного объекта. Согласно [7], двумерная негауссовская ПРВ огибающей, отраженного от протяженной цели сигнала, обусловленная многолучевостью, будет описываться выражением

$$W(U_1, U_2, r) = \frac{2(z_1 z_2)^{0,5}}{\sigma^2(1-r^2)} \exp\left(-\frac{z_1 z_2}{1-r^2}\right) I_0\left(\frac{2r(z_1 z_2)^{0,5}}{1-r^2}\right), \quad (2)$$

где

$$z_1 = \frac{U_1^2}{2\sigma^2}; z_2 = \frac{U_2^2}{2\sigma^2}; r^2 = r^2(\tau) = \exp\{-2\alpha|\tau|\}; r - \text{коэффициент корреляции между } U_1 \text{ и } U_2; I_0(x) - \text{функция Бесселя нулевого порядка; } \tau - \text{временный сдвиг.}$$

Функция корреляции амплитуды отраженного сигнала будет определяться исходя из выражения

$$B(\tau) = \frac{\sigma^2 \Gamma^2(1,5)}{2\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Gamma^2(n-0,5)}{(n!)^3 \Gamma(n+1)} \Gamma^{2n}(\tau), \quad (3)$$

где $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функция.

Если огибающая отраженного сигнала является стационарным процессом, то ПРВА (2) приводится к виду

$$W(U_1, U_2, r) = \frac{U_1 U_2}{\sigma^4(1-r^2)} \exp\left\{-\frac{U_1^2 + U_2^2}{2\sigma^2(1-r^2)}\right\} I_0\left(\frac{r U_1 U_2}{\sigma^2(1-r^2)}\right), \quad U_1, U_2 > 0 \quad (4)$$

В свою очередь, двумерная ПРВА нестационарного случайного процесса

$$W(U_1, U_2, r, t) = \frac{U_1 U_2}{\sigma^4(1-r^2)} \exp\left\{-\frac{U_1^2 + U_2^2 + n_1^2 + n_2^2 + 2n_1 n_2}{2\sigma^2(1-r^2)}\right\} \times \\ \times \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n I_n\left(\frac{r U_1 U_2}{\sigma^2(1-r^2)}\right) I_n\left(\frac{n_1 - r n_2}{\sigma^2(1-r^2)} U_1\right) I_n\left(\frac{n_2 - r n_1}{\sigma^2(1-r^2)} U_2\right), \quad U_1, U_2 > 0,$$

(5)

где $\varepsilon_n = 1; \varepsilon_n = 2; n > 0$.

Модели ПРВА. Существуют и другие математические модели, описывающие отражения от протяженной цели.

В частности, для систем ближней радиолокации, когда протяженные объекты могут быть представлены в виде совокупности N «блестящих» точек, отраженный сигнал может быть записан в виде [1, 2]

$$s = \sum_i^N U_i \cos(\omega t + \varphi_i) = U_{\Sigma} \cos(\omega t + \Phi),$$

где U_i, φ_i – амплитуда и фаза сигнала отраженного от i -й «блестящей» точки.

Совместная ПРВ амплитуды и фазы для этого случая имеет вид [8]

$$W(U, \Phi) = \frac{U}{2\pi} \exp\left\{-\left[\frac{\kappa + \kappa^{-1}}{4}\right] \{[U^2 - 2UU_0 \cos(\Phi - \Phi_0) + U_0^2] + [U^2 \cos 2\Phi - 2UU_0 \cos(\Phi - \Phi_0) + U_0^2]\}\right\},$$

где

$$U = \frac{U_{\Sigma}}{\sqrt{\sigma_x \sigma_y}}; \kappa = \frac{\sigma_x}{\sigma_y}; U_0 = U_{cp} / \sqrt{\sigma_x \sigma_y}; \Phi_0 = \text{arctg} \frac{Y_0}{X_0}.$$

В случае, когда относительно ПРФ фазы дополнительно известно, что она имеет равномерное распределение $W(\Phi) = \frac{1}{2\pi}; \varphi \in (0, 2\pi)$, распределение амплитуды принимает вид

$$W(U) = U \exp\left[-\frac{(\kappa + \kappa^{-1})U^2}{4} - \left(\kappa \sin^2 \Phi_0 + \frac{\cos^2 \Phi_0}{\kappa}\right) \frac{U_0}{2}\right] \times$$

$$\times \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k I_k \left[\frac{(\kappa - \kappa^{-1})U^2}{4}\right] I_{2k}(aUU_0) \cos(2k\psi);$$

где

$$\varepsilon_k = \begin{cases} 1 & \text{при } k = 0 \\ 2 & \text{при } k \geq 1 \end{cases}; a = \left(\kappa^2 \sin^2 \Phi_0 + \frac{\cos^2 \Phi_0}{\kappa}\right)^{0,5}; \text{tg} \psi = \kappa^2 \text{tg} \Phi_0.$$

Если имеется априорная информация об амплитуде отраженного сигнала, например $U \in (0, \infty)$, ПРВ фазы может быть найдено в виде

$$W(\Phi) = \rho \{1 + \sqrt{\pi \eta} \exp\{\eta^2\} [1 - \text{erf}(\eta)]\},$$

где

$$\rho = \frac{\exp\left[-(\kappa \sin^2 \Phi_0 + \kappa^{-1} \cos^2 \Phi_0) \frac{U_0}{2}\right]}{2\pi(\kappa \sin^2 \Phi_0 + \kappa^{-1} \cos^2 \Phi_0)},$$

$$\eta = \frac{(\kappa \sin \Phi_0 \sin \Phi + \kappa^{-1} \cos \Phi_0 \cos \Phi) U_0}{\{2(\kappa \sin^2 \Phi + \kappa^{-1} \cos^2 \Phi)\}^{0,5}}.$$

Распространения получили частные случаи ПРВ параметров сигналов рассеянных протяженными объектами. Например, если $\Phi_0 = 0$, приходим к ПРВ Бекмана

$$W(U) = U \exp\left\{-\frac{(\kappa + \kappa^{-1})U^2}{4} - \frac{U_0^2}{4\kappa}\right\} \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k I_k \left[\frac{(\kappa - \kappa^{-1})U^2}{4}\right] I_{2k}\left(\frac{UU_0}{\kappa}\right).$$

Если $\kappa = 1$, ПРВ амплитуд описывается законом Райса

$$W(U) = U \exp\left\{-\frac{(U_0^2 + U^2)}{2}\right\} I_0(UU_0).$$

Если $U_0 = 0$, но $\kappa \neq 1$, приходим к ПРВ Хойта

$$W(U) = U \exp\left\{-\frac{(\kappa + \kappa^{-1})U^2}{4}\right\} I_0\left[\frac{(\kappa - \kappa^{-1})U^2}{4}\right].$$

Наиболее простой случай наблюдается при $U_0 = 0$, $\kappa = 1$. Тогда ПРВ амплитуд описывается законом Релея

$$W(U) = U \exp\left\{-\frac{U^2}{2}\right\}.$$

Кроме рассмотренных распределений ПРВА, на практике широкое распространение получили:

– ПРВ Накагами (рисунок 1)

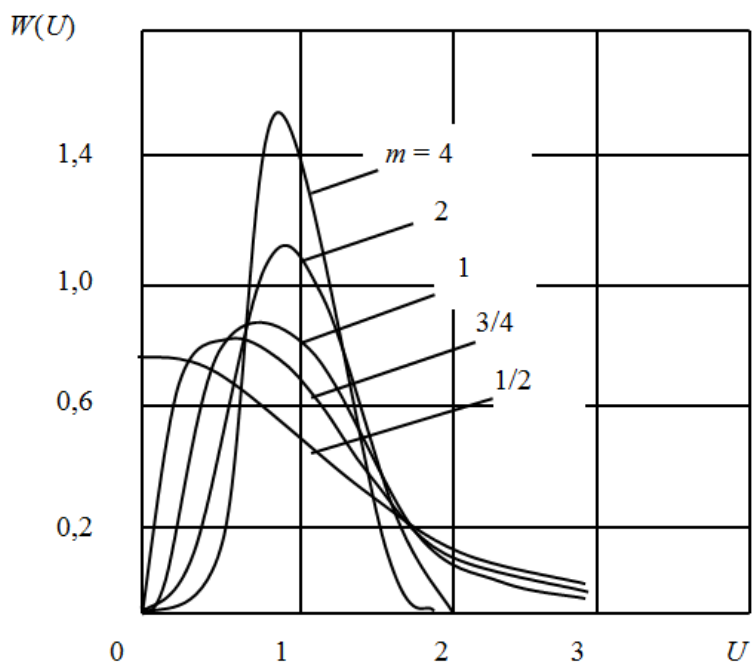
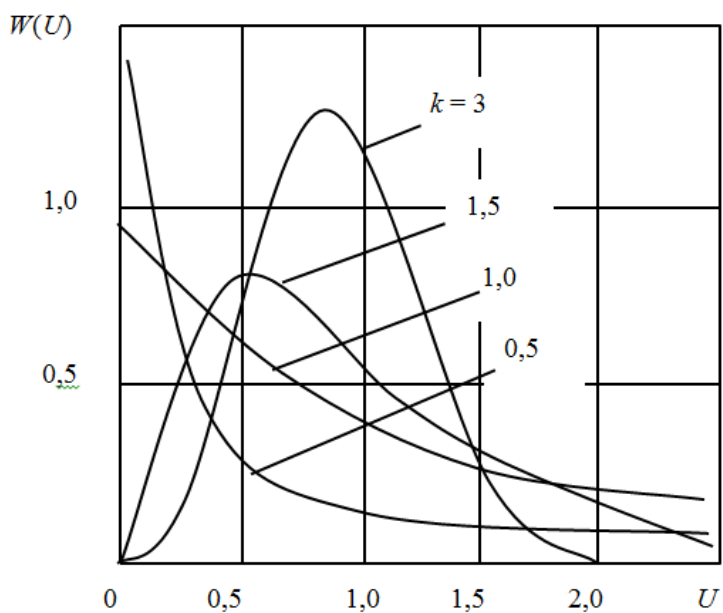
$$W(U) = \left(\frac{2}{\Gamma(m)}\right) \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m U^{2m-1} \exp\{-mU^2/\Omega\}, \quad U \geq 0,$$

где $m = \Omega^2 / \langle (U^2 - \Omega^2)^2 \rangle \geq 0.5$ и $\Omega = \langle U^2 \rangle$ – параметры распределения; $\Gamma(\cdot)$ – гамма функция.

– ПРВ Вейбула (рисунок 2)

$$W(U) = XkU^{k-1} \exp\{-XU^k\}, \quad U > 0, \quad X > 0, \quad k > 0,$$

где X и k – параметры распределения.

Рисунок 1 – Плотность распределения вероятности Накагами для различных m Рисунок 2 – Плотность распределения вероятности Вейбулла для различных k

– ПРВ, описываемая логарифмическим нормальным законом (рисунки 3)

$$W(U) = \frac{1}{G\sqrt{2\pi U}} \exp\left\{-\frac{1}{2G^2}(\ln U - d)^2\right\}, U > 0,$$

где d и G – параметры распределения.

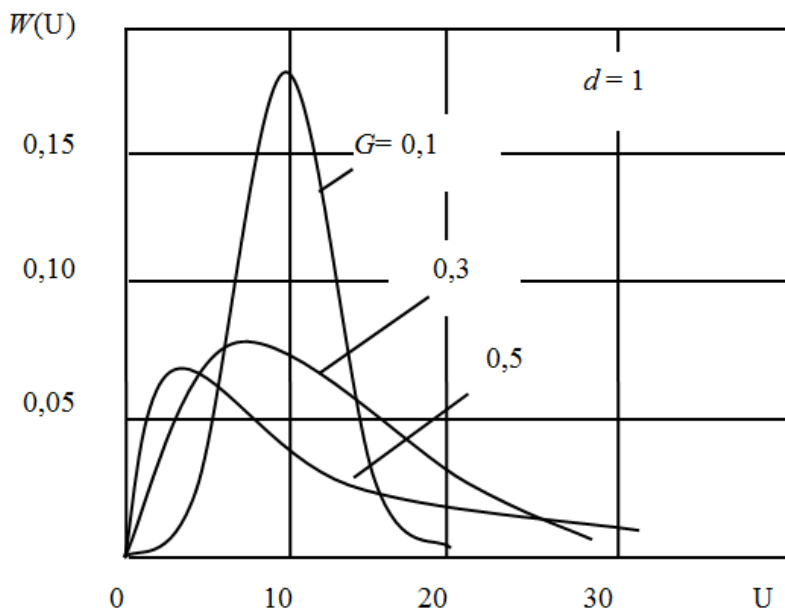


Рисунок 3 – Логарифмически нормальная ПРВ при различных значениях G

Анализируя временные реализации сигналов, полученные при отражении от различных моделей протяженных объектов видно, что для большинства из них отраженные сигналы имеют вид амплитудно-модулированных (АМ) колебаний, причем вид отраженного сигнала зависит от целого ряда различных факторов [1]. Глубина АМ изменяется в больших пределах и может достигать 100%, т.е. полного замирания сигнала (рисунок 4).

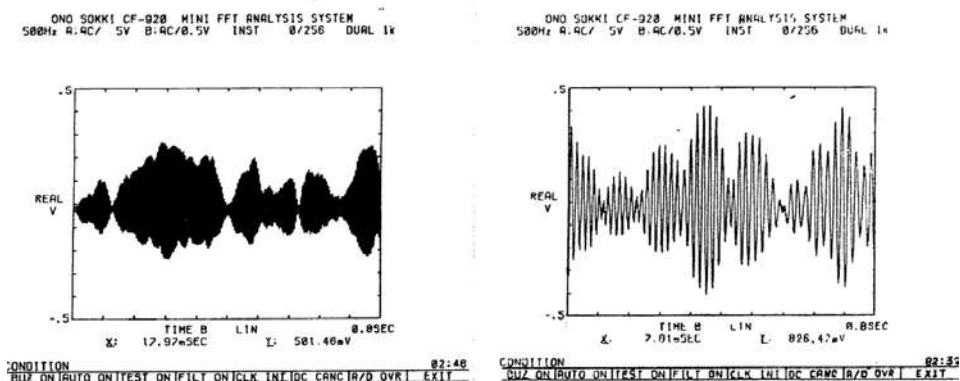
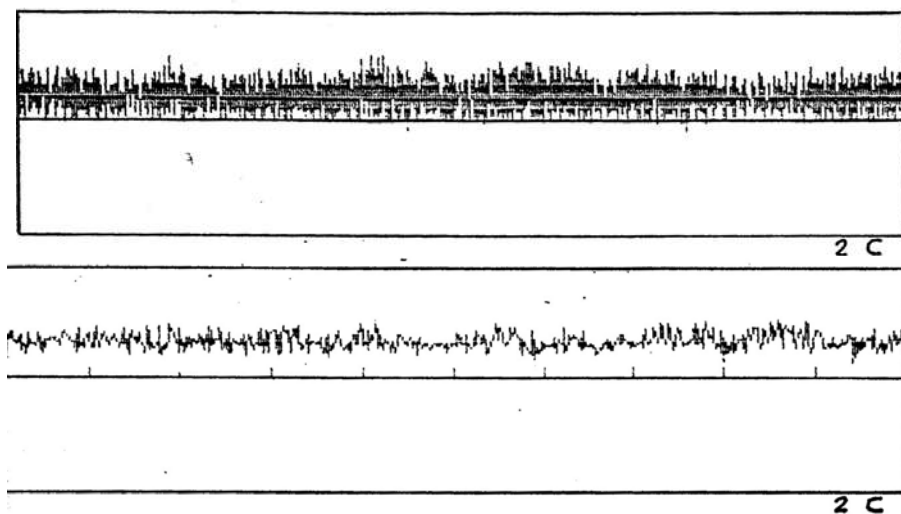


Рисунок 4 – Фрагмент записи отраженного сигнала от протяженного объекта

Результаты проведенных многочисленных экспериментальных исследований показали [1], что ПРВА сигналов, отраженных от протяженных объектов при ближней радиолокации, может достаточно хорошо аппроксимироваться гауссовскими логарифмическим нормальным распределением. Однако преобладающим является всё же ПРВ Накагами и Вейбулла (рисунки 5, 6).



***** ВЫБОРОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ N= 999

МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ = 1.2

МИНИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ = .3

СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ M= .8357057057057

ДИСПЕРСИЯ S= .0229798733559

С.К.О. SQR(S)= .1515911387776

КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ SQR(S)/M= .1813929685326

КОЭФФИЦИЕНТ АСИММЕТРИИ A=- .4294485231485

ЭКЦЕСС E=- .122672203662

*****ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАКАГАМИ
 ПАРАМЕТРЫ: $V1 = 7.80553$ $V2 = 0.46742$
 ХИ-КВАДРАТ= 23.472 С 15 СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

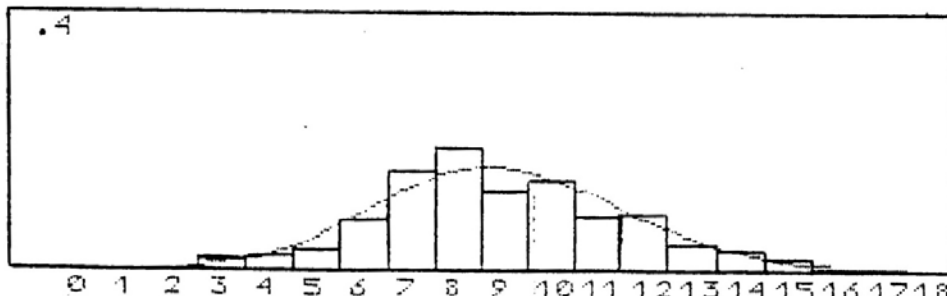
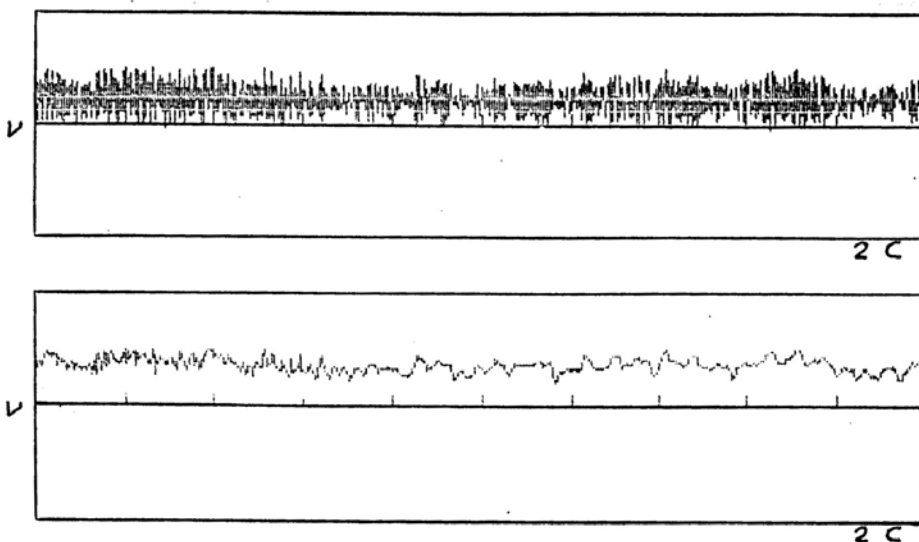


Рисунок 5 – Статистические характеристики обработки огибающей доплеровского сигнала аппроксимирующей ПРВ Накагами



***** ВЫБОРОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
 ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ $N = 999$
 МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ = 1.34
 МИНИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ = .67
 СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ $M = .9881910569106$
 ДИСПЕРСИЯ $S = .0149857444653$
 С.К.О. $SQR(S) = .1224162753285$
 КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ $SQR(S)/M = .1238791572464$
 КОЭФФИЦИЕНТ АСИММЕТРИИ $A = -.234038685881$
 ЭКСЦЕСС $E = .024591936339$
 *****ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЙБУЛЛА
 ПАРАМЕТРЫ: $V1 = 0.73845$ $V2 = 7.88000$

ХИ-КВАДРАТ= 22.257 С 12 СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

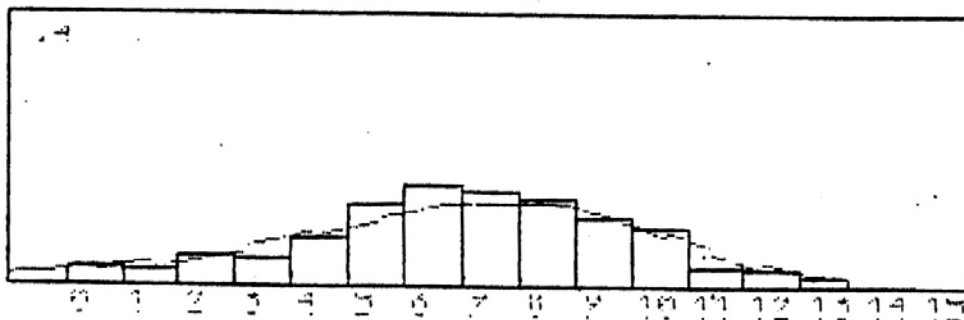


Рисунок 6 – Статистические характеристики обработки огибающей доплеровского сигнала аппроксимирующийся ПРВ Вейбулла

Заключение. Таким образом, рассмотрены наиболее часто встречающихся моделей плотностей распределения вероятностей огибающих (амплитуд) сигнала используемых в радиолокационных системах ближнего радиуса действия. Показано, что на практике для аппроксимации ПРВА отраженного сигнала широкое применение нашли такие распределения как ПРВ: Бекмана, Хойта, Релея, Накагами, Вейбулла и логарифмически нормальное распределение.

Результаты многочисленных экспериментальных исследований показывают, что в условиях ближней радиолокации огибающие сигналов, отраженных от протяженных объектов, в большинстве случаев хорошо описываются ПРВ Накагами и Вейбулла.

Литература

1. Артюшенко В.М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА // М. 2013. 214 с.
2. Воловач В.И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств ближнего действия // М.: Радио и связь. 2013. 228 с.
3. Коган И.М. Ближняя радиолокация // М.: Сов. Радио. 1973. 272 с.
4. Поляков П.Ф. Прием сигналов в многолучевых каналах // М.: Радио и связь. 1986. 248 с.
5. Проблемы радиолокации протяженных объектов // Свердловск: изд-во УПИ им. С.М. Кирова. 1983. 163 с.
6. Свистов В.М. Радиолокационные сигналы и их обработка // М.: Радио и связь. 1977. 448 с.
7. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазиоптимальный прием сигналов // М.: Сов. Радио. 1975. 704 с.
8. Фельдман Ю.И., Мандуровский И.А. Теория флуктуаций локационных сигналов, отраженных распределенными целями // М.: Радио и связь. 1988. 272 с.

9. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации // М.: Сов. Радио. 1973. 496 с.

УДК 621.7

**Разработка требований к программно-техническим средствам
информационно-телеметрических систем**

Т.С. Аббасова, к.т.н. доцент,

А.П. Мороз, д.т.н. профессор,

И.М. Белюченко, д.т.н. профессор,

Ю.В. Стреналюк, д.т.н. профессор,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

Проведена классификация компонентов информационно-телеметрических систем. Определены единые базовые специальные программные компоненты для устройств информационно-телеметрического обеспечения технологий дистанционного зондирования Земли. Проанализированы принципы работы наземного комплекса управления и организация информационного обмена между наземным комплексом управления и другими компонентами наземной космической инфраструктуры. На основе проведенного анализа даны рекомендации по организации работы служб центра управления полетом.

Система управления, база данных, отображение и документирование, коммуникационная система.

**The development of requirements for software and hardware
information and telemetry systems**

T.S. Abbasova, Ph.D. assistant professor,

A.P. Moroz, Ph.D. Professor,

I.M. Belyuchenko, Ph.D. Professor,

Yu.V. Strenalyuk, Ph.D. Professor,

State Educational Institution of Higher Education

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

The classification of the components of information and telemetry systems. Identify a single specific basic software components for providing information and telemetry technologies for remote sensing devices. Analyzed the principles of ground control and organization of information exchange between ground control and other components of space infrastructure. Based on the analysis recommendations on the organization of the center flight control services.

Management system, database, mapping and documentation, communication system.

Введение

Информационно-телеметрические системы осуществляют прием и обработку телеметрической информации и включают приемо-передающее и вспомогательное оборудование (имитаторы сигналов, конверторы, нормализаторы сигналов, антенные устройства), а также кабельные сети. На подвижных объектах (ракетах, космических аппаратах) телеметрическое оборудование применяется для наблюдения за процессом ракетного запуска, для получения информации о параметрах внешней среды (температуры, ускорений, вибраций), об энергоснабжении и энергозатратах, о точном выравнивании антенны и времени распространения сигнала на длинных дистанциях (при космическом полёте). Для эффективной передачи, хранения и защиты телеметрических данных актуальна разработка требований к программно-техническим средствам современных информационно-телеметрических систем на базе вычислительной техники [1...5].

Разработка требований к специальному программному обеспечению информационно-телеметрических систем

Компоненты информационно-телеметрических систем по выполняемым функциям можно разделить на пять основных групп:

1) «Система управления информационно-вычислительным процессом» (СУ ИВП) – предназначена для организации решения задач информационно-вычислительного комплекса (ИВК) центра управления полетом (ЦУП) с учетом временных ресурсных и технологических ограничений, требований по надежности, оперативности и достоверности обработки информации.

2) Компонент «база данных» – предназначен для создания, ведения и использования БД.

3) «Система отображения и документирования» – предназначена для обеспечения доступа оператора к ресурсам ИВК ЦУП.

4) «Коммуникационная система» – предназначена для обмена информацией между системами ИВК и внешними абонентами.

5) «Система администрирования» – предназначена для интеграции разрабатываемых компонент в систему администрирования, поддерживаемую операционную систему (ОС).

Решение задач управления космическим аппаратом (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предполагает выполнение полного комплекса технологических операций по сбору и обработке информационных потоков, расчету и формированию данных для осуществления:

- долгосрочного и оперативного планирования работы с КА, задействования средств НКУ и других средств контура управления;

- подготовки к выдаче на борт КА командно-программной информации для управления работой бортовых систем КА;

- контроля, анализа, диагностики и обобщения информации о состоянии бортовых систем КА;

- навигационно-баллистического обеспечения управления КА;

- обмена информацией со средствами наземного комплекса управления (НКУ), наземного комплекса обработки (НКО), организациями и комплексами, участвующими в управлении полетом.

Типовая схема наземной космической инфраструктуры приведена на рисунке 1.

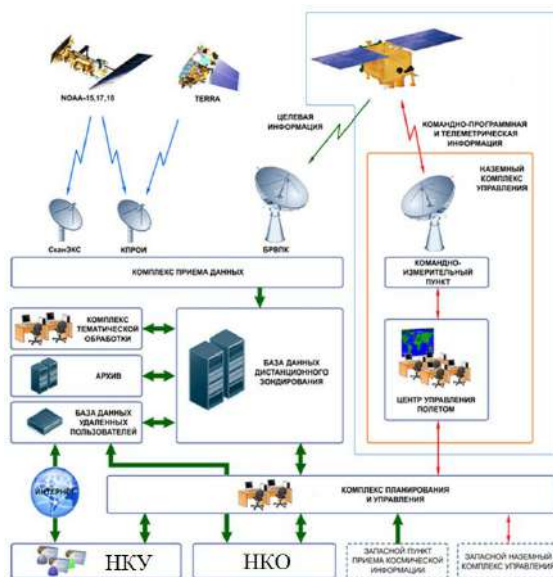


Рисунок 1 – Типовая схема наземной космической инфраструктуры

В НКУ и НКО для соединения рабочих станций сотрудников используются каналы связи, у которых требования к пропускной способности не превышает 100 Мбит/с, поэтому в качестве среды передачи используется неэкранированные кабели УТР 6-ой категории (патч-корды), экранированные кабели STP 7-ой категории (каналы связи до коммутаторов, которые объединяют подсети). Между коммутаторами и для соединения с серверами используется оптоволоконными кабели.

Специальное программное обеспечение (СПО), реализующее перечисленные операции, должно функционировать в рамках основных подсистем: информационно-телеметрического, командно-программного, навигационно-баллистического обеспечения и подсистемы связи и передачи данных.

Подсистема навигационно-баллистического обеспечения должна строиться таким образом, чтобы решать широкий класс задач и реализовывать технологии наземного базирования объекта (НБО). Одновременно, закладываемые в СПО подсистемы НБО принципы должны обеспечивать масштабируемость программного комплекса для наращивания функциональных возможностей и повышения точности расчетов, а также решать задачи научно-прикладного характера и моделирования перспективных технологий НБО.

Основу подсистемы должны составлять единые базовые специальные программные компоненты, реализующие:

- унифицированную математическую модель движения КА;
- расчет аналогов навигационных измерений;
- расчет данных Астрономического Ежегодника;
- преобразование систем координат;
- преобразование временных параметров в специальные форматы и системы отсчета;
- специальные математические вычисления, включая операции линейной алгебры;
- организацию стандартных вычислительных процессов НБО, интерактивное задание типовых исходных данных, управление документированием результатов счета и др.

Базовые специальные программные компоненты должны строиться исходя из принципов унификации, что позволит реализовать широкий класс технологий НБО и обеспечит расширение функциональных возможностей программного обеспечения при эволюции ЦУП.

Информационно-телеметрическая подсистема СПО ЦУП должна обеспечивать возможность в полном объеме осуществлять комплекс технологических операций контроля, анализа и диагностики и обобщения информации о состоянии бортовых систем и КА в целом при летных испытаниях, штатной эксплуатации и нештатных ситуациях. В рамках информационно-телеметрической подсистемы решаются задачи предварительной и первичной автоматизированной обработки контрольной информации, поступающей с КА, хранения, отображения и документирования результатов обработки контрольной информации в интересах расчета исходных данных для управления КА, прогнозирования работы бортовых систем, анализа нештатных ситуаций, возникающих на борту КА и выработки рекомендаций по выходу из них.

Оперативные программные компоненты информационно-телеметрической подсистемы должны обеспечивать обработку телеметрической информации близко к реальному времени поступления информации в ЦУП. Одновременно в составе СПО должны быть хорошо развиты программные компоненты для детального апостериорного анализа контрольных параметров.

Базовым средством информационно-телеметрической подсистемы является комплекс программных компонент, обеспечивающих предварительную, первичную и вторичную обработку телеметрической информации (ТМИ). В процессе предварительной обработки должно осуществляться устранение функциональной избыточности и повышение достоверности датчиковой информации и привязка ее ко времени, формирование массивов цифровой информации (МЦИ), устранение аппаратной избыточности МЦИ.

Для обеспечения работы базовых программных компонент разрабатываются программные средства информационной группы, обеспечивающие их настройку и функционирование, а также программные компоненты для подготовки исходных данных на обработку, отображение, документирование и хранение информации.

Базовым компонентом информационно-телеметрической подсистемы СПО ЦУП, обеспечивающем апостериорный анализ контрольных параметров, является архивно-диалоговая система. В ее функции входит накопление, систематизация, каталогизирование, хранение текущей и справочной информации по КА, формирование текущей и интервальной оценки качества ТМИ, документирование ТМИ

В составе информационно-телеметрической подсистемы должны быть разработаны компоненты, обеспечивающие анализ нештатных ситуаций, возникающих на борту КА, диагностику неисправностей КА с выдачей рекомендаций по восстановлению его нормального функционирования. В том числе должны быть созданы программные компоненты, обеспечивающие нестандартную обработку ТМИ по специально разрабатываемым алгоритмам.

Подсистема командно-программного обеспечения СПО ЦУП должна обеспечивать непосредственное управление КА и средствами НКУ. В составе подсистемы должны быть разработаны следующие программные компоненты:

- комплекс программ долгосрочного и оперативного планирования работ с группировкой КА и отдельными КА;

- программные средства формирования и корректировки планов сеансов связи с КА;

- программные средства для формирования и корректировки данных, необходимых для проведения сеансов связи с КА;

- программные средства долгосрочного и оперативного планирования работы средств НКУ;

- программные средства расчета, формирования и оперативной коррекции технологического графика управления;

- программа расчета числовой информации для бортовых систем КА с целью формирования программы работ бортовой аппаратуры, коррекции бортовой шкалы времени, фазирования и подстройки бортового синхронизирующего устройства;

- программный компонент формирования массивов командно-программной информации;

- программы формирования и выдачи на борт КА через контрольно-измерительную станцию (КИС) команд и программ управления, контроля исполнения команд управления, защиты от несанкционированной выдачи командно-программной информации на борт КА;

- программные средства расчета и отображения планируемой временной диаграммы полета КА;

- программные средства, обеспечивающие контроль выполнения технологических операций, включенных в программу работ на заданном временном интервале.

- архивно-диалоговые информационные компоненты, обеспечивающие отображение и документирование информации из архива.

Подсистема обмена информацией со средствами НКУ, организациями

и комплексами, участвующими в управлении полетом КА разрабатывается со стороны ЦУП на базе готовых схемотехнических решений, представляемых общесистемными компонентами программного обеспечения ЦУП. Развитие программного обеспечения должно идти эволюционно, по мере появления в контуре новых внешних абонентов.

Вспомогательные подсистемы СПО ЦУП, предназначенные для автоматизации деятельности персонала и служб ЦУП, могут быть по составу разбиты на следующие группы:

- комплекс программ управления персоналом (учет кадров, планирование состава дежурных смен и др.);
- информационно-справочная подсистема, обеспечивающая процесс принятия решений;
- система управления документооборотом, обеспечивающая учет, регистрацию, хранение и контроль исполнения документов.

Реализация вспомогательных информационно-телеметрических систем

Реализация вспомогательных систем должна производиться параллельно созданию основных подсистем СПО ЦУП.

В состав НКУ входят наземные станции командно-измерительных и измерительных систем. Эффективное управления разнотипными станциями возможно только при наличии развитого программного обеспечения средств ЦУП.

Программное обеспечение ЦУП, используемое для управления средствами НКУ выполняет следующие функциональные задачи:

- планирование работы средств НКУ, в соответствии с технологическим циклом управления КА;
- обеспечение взаимодействия по сетевому протоколу между средствами ЦУП и станциями НКУ;
- формирование и выдача КУ;
- контроль состояния станции НКУ;
- мониторинг состояния станции НКУ по информации функционального контроля.

Поскольку большинство станций НКУ являются не обслуживаемыми, на оператора ЦУП ложится дополнительная нагрузка для поддержания НКУ в работоспособном состоянии.

Общая задача дистанционного контроля и управления станциями НКУ может быть декомпозирована на следующие составные части:

- постоянный обобщенный контроль состояния всех наземных станций и отображение сводных сведений о их состоянии в виде укрупненной мнемосхемы на терминале Сервера отображения и документирования (на этом же терминале отображается также обобщенное состояние всех КА, и также плановая информация).

- полный постоянный контроль состояния и конфигурации любой подсистемы приема ТМИ, а так же дистанционное управление ею с пульта рабочей станции обработки ТМИ из состава АРМ управления;

- полный контроль состояния и конфигурации любой станции КИС, а также дистанционное управление ею в ходе сеанса управления КА с пульта рабочей станции управления из состава АРМ управления;

- прием, обработка, хранение и отображение послесеансной отчетной информации, поступающей по запросу ЦУП со станций НКУ;

- предоставление оператору ЦУП различных отчетных форм по работе станций НКУ.

Технология дистанционного контроля и управления станциями НКУ с использованием аппаратно-программного комплекса ЦУП проиллюстрирована на рисунке 2.

Принцип работы можно разделить на следующие этапы:

1. На Сервере отображения и документирования загружается задача обобщенного контроля состояния всех наземных станций КИС. На его терминале в виде укрупненной мнемосхемы представляется состояние всех КА и станций, а также сведения о запланированных на ближайшее время сеансах управления. Обеспечиваются визуальная и звуковая сигнализация при обнаружении нештатной ситуации на любом КА или станции, а также оповещение оператора о приближении запланированного сеанса управления. Эта же информация может отображаться и на табло коллективного пользования.

2. На любой рабочей станции обработки ТМИ из состава любого из трех АРМ управления загружается задача обработки потока ТМИ и информации функционального контроля с одной наземной станции. Помимо отображения ТМИ КА, на терминале этой рабочей станции в алфавитно-цифровом и графическом виде представляется также техническое состояние и комплектация аппаратуры соответствующей станции. Представляются средства управления режимами и конфигурацией технических средств станции. Статистика по эксплуатации станций помещается в Базу данных ЦУП.

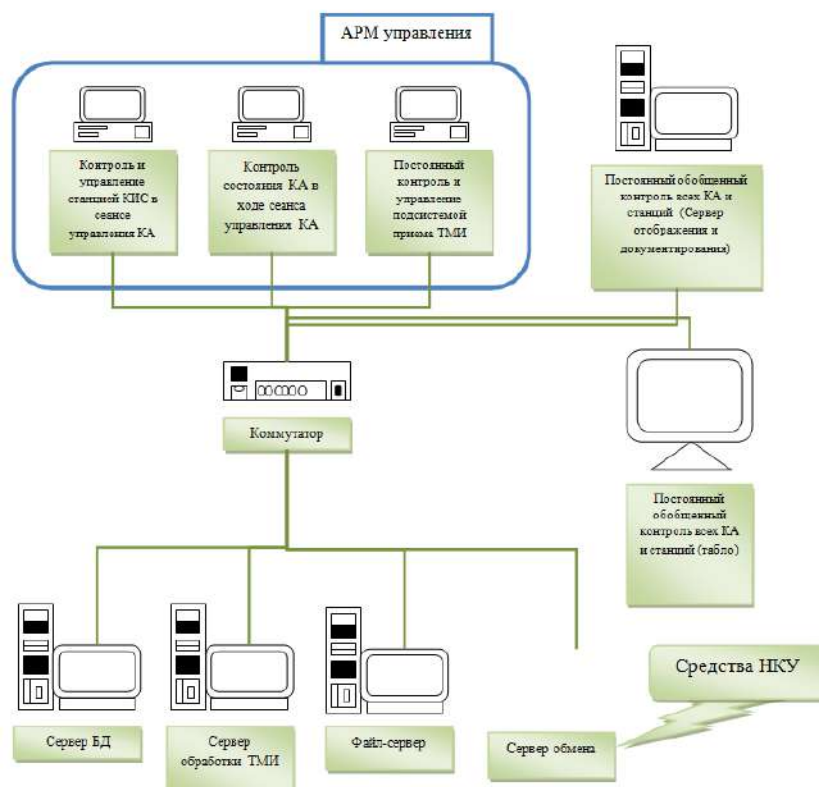


Рисунок 2 – Схема дистанционного контроля и управления станциями НКУ

3. В ходе сеанса управления КА на рабочей станции управления загружается задача проведения сеанса управления из состава специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения. Эта задача обеспечивает выдачу управляющих воздействий как на КА, так и на задействованную в этом сеансе станцию КИС. На терминале этой рабочей станции отображается также информация о техническом состоянии и конфигурации аппаратуры этой станции КИС. Все статистические сведения о проведенных сеансах управления автоматически помещаются в Базу данных ЦУП.

4. По завершению сеанса управления, из ЦУП запрашивается отчетная информация станции КИС. Она содержит сведения о режимах работы аппаратуры, перечень принятых управляющих воздействий и т.п. и записываются в Базу данных ЦУП. Эти действия обеспечиваются задачей из состава специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения и могут выполняться с АРМ планирования или с рабочей станции управления из состава АРМ управления.

5. Выборка статистической информации из Базы данных ЦУП и оформление ее в формате различных отчетных форм обеспечивается Инфор-

мационно-справочной системой, входящей в состав специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения.

Разработка структура информационно-вычислительного комплекса центра управления полетами

Проанализируем двухуровневую и трехуровневую архитектуру.

Двухуровневая архитектура. Логическая и физическая структура информационно-вычислительного комплекса (ИВК) центра управления полетов (ЦУП) двухуровневой архитектуры представляет собой набор элементов двух типов: приложений клиентов и серверов доступа к совместно используемым распределенным ресурсам системы [6...8]. Обобщенная архитектура вычислительной системы, построенной на основе двухуровневой технологии «клиент-сервер», представлена на рисунке 3. Недостатками данного подхода с точки зрения его применения при построении ИВК ЦУП являются: отсутствие возможности централизованного управления прикладным уровнем программного обеспечения и, как следствие, сложность организации автоматизированного режима функционирования программного обеспечения (ПО) ЦУП; двухуровневая технология «клиент-сервер» не позволяет реализовать требование к рациональному использованию интегральной вычислительной мощности ИВК; отсутствие централизованно распределяемого общего ресурса вычислительной мощности, что значительно снижает эксплуатационные характеристики и надежность системы, увеличивает ее стоимость; нерациональное распределение вычислительных ресурсов системы в целом – большая их часть сконцентрирована на рабочих станциях, обеспечивающих интерфейс с пользователем.

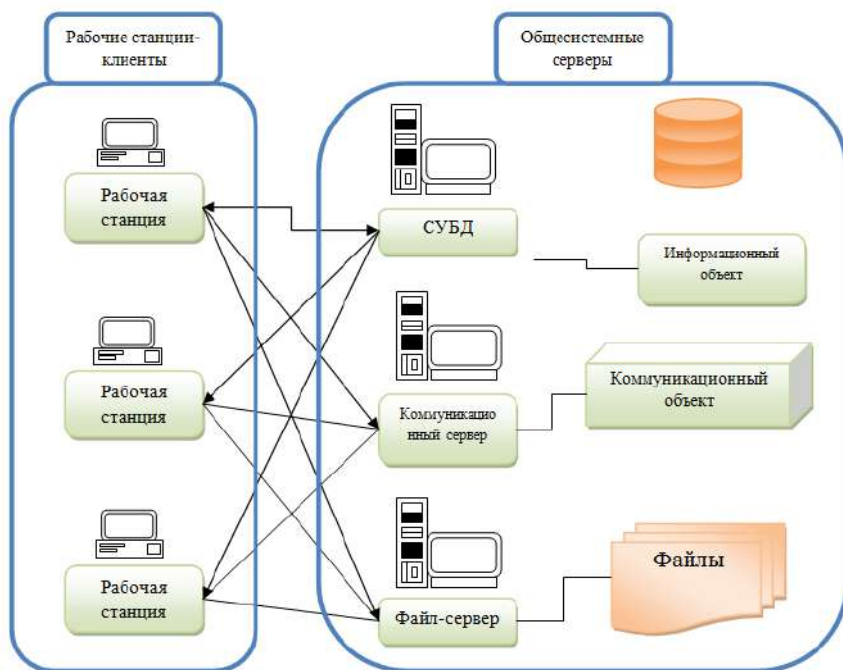


Рисунок 3 – Обобщенная архитектура вычислительной системы

Преодоление вышеперечисленных недостатков двухуровневой реализации технологии «клиент-сервер» может быть достигнуто внесением еще одного уровня в архитектуру системы.

Трехуровневая архитектура. Обобщенная трехуровневая архитектура представлена на рисунке 3. В основу ее модели положен принцип, согласно которому декомпозиция больших сложных задач не только упрощает, но и ускоряет их выполнение. В трехуровневой, или многоуровневой, модели приложения делятся на подсистемы (сервисы), каждая из которых функционирует на отдельной машине. Как правило, существуют три группы подобных подсистем: для обслуживания пользователей (расположены на локальных рабочих станциях), для обслуживания приложений (выполняются на специализированных серверах приложений) и для обслуживания данных (размещены на серверах БД и называются также репозиториями данных).

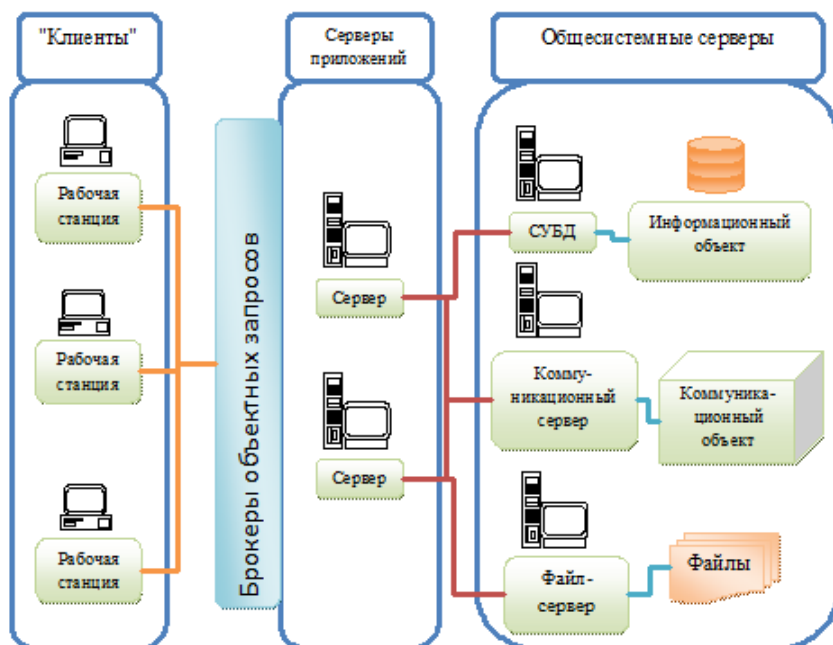


Рисунок 4 – Трехуровневая архитектура «клиент – сервер»

Эти службы могут работать как на индивидуальных серверах, так и на мини-ЭВМ и даже мэйнфреймах. Повышение производительности в рамках такой модели происходит за счет того, что серверы БД и приложений способны одновременно обрабатывать запросы сразу от нескольких приложений [9...13].

Выводы

В трехуровневых информационно-телеметрических системах обработка, связанная с особенностями функционирования системы, выполняется не на клиентских машинах, а на специализированном сервере приложений. Таким образом, интерфейс пользователя, прикладные алгоритмы и работа с БД выделяются в три самостоятельных компонента. Каждый из них реализован на базе собственной программной и аппаратной архитектуры и выполняет свои определенные функции.

Как и в двухуровневых системах, интерфейс пользователя исполняется на недорогих однопользовательских настольных машинах. Серверы БД могут располагаться на серверах большой или средней мощности либо на мэйнфреймах. Прикладная обработка обычно переносится из нестабильной среды настольного компьютера в более надежный центр обработки данных. Анализ тенденций развития новых информационных технологий показывает, что данная технология является в настоящее время доминирующей при реализации сложных проектов, основанных на распределенной архитектуре построения вычислительной системы. Ее применение позволит избежать революци-

онных изменений в процессе создания, развития и совершенствовании ЦУП.

Литература

1. Круглов А.В. Радиообеспечение пилотируемых полетов к Луне и Марсу // Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника. 2013. № 1. С. 033-040.
2. Валов С.Г. Оценка вычислительной эффективности реализации протокола транспортного уровня // Проектирование и технология электронных средств. 2013. № 2. с. 29-34.
3. Васильев Н.А. Основные проблемы практического внедрения информационных технологий // Морская радиоэлектроника. 2011. № 4. С. 4-6.
4. Васильев Н.А. Теоретические основы обеспечения качества сложных технических систем. Основные научные проблемы качества // Морская радиоэлектроника. 2010. № 1. С. 28-33.
5. Вокин Г.Г. Актуальные вопросы оценки качества и эффективности технологий использования космических систем двойного назначения в интересах сферы сервиса // Научно-технический журнал «Стратегическая стабильность». № 1. 2011.
6. Артюшенко В.М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. 2013. № 5 (31). С. 131–136.
7. Кучеров Б.А. Проектные решения для автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 91-99.
8. Артюшенко В.М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций // Радиотехника. 2015. № 2. С. 76-82.
9. Аббасова Т.С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. № 3, т.6. С. 10-13.
10. Artyushenko V.M. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems // Biosci., Biotech. Res. Asia. 2014. Vol. 11– P. 277-279.
11. Акимкина Э.Э. Архитектура системы поддержки принятия решений в задачах оперативного анализа данных // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции (3 апреля 2016 г, г. Саранск). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2016. С. 6-10 (188 с.).
12. Аббасов А.Э. Эффективность принятия решений в сложных технических системах // Новые информационные технологии в науке: сборник статей

- Международной научно-практической конференции (23 апреля 2016 г, г. Киров). В 2 ч. Ч.2 //Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. С. 22-24. – (194 с.).
- 13.Аббасов А.Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 15-27.

УДК 629.7

**Рекомендации по развертыванию многомерных систем
аналитической обработки данных**

Э.Э. Акимкина, аспирант,

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

Проведен сравнительный анализ различных подходов для аналитической обработки данных и показано, что наиболее широкими возможностями обладает многомерный подход, реализованный с помощью технологий OLAP. Представлена многомерная модель OLAP-куба с измерениями для анализа и обработки данных о технологических процессах. Даны практические рекомендации по развертыванию систем многомерного моделирования данных с учетом их интеграции в существующие системы управления предприятием.

Таблицы фактов и измерений, многомерное моделирование, OLAP-куб.

**Recommendations for deploying multidimensional analytical data
processing systems**

E.E. Akimkina, graduate student,

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

A comparative analysis of different approaches to analytical data and shows that the most ample opportunities has a multi-dimensional approach, implemented with the help of OLAP technology. Presented multidimensional OLAP-cube model with the measurements for the analysis and processing of process data. Practical recommendations for the deployment of a multidimensional data modeling systems with regard to their integration into existing enterprise management system.

Fact Table Andes dimension, multidimensional modeling, OLAP-cube.

Введение

Современные системы поддержки принятия решений работают с хранилищами данных, объемы которых достигают нескольких терабайт. Специализированные аналитические службы (Analysis Services) используют различные подходы для аналитической обработки большого количества данных: табличный, многомерный, Power Pivot («точка опоры»). Табличный подход использует реляционные модели, которые многим разработчикам кажутся более понятными, но в нем используется нормализация отношений между данными [1], которая приводит к увеличению времени обработки запросов к дан-

ным. Многомерный подход OLAP (от англ. Online Analytical Processing – аналитическая обработка в реальном времени) основан на открытых стандартах, он используется множеством поставщиков программного обеспечения аналитической обработки, но достаточно сложен в освоении. В OLAP разрешена денормализация (отсутствие или неполнота нормализации) модели данных для увеличения производительности запросов. Решение Power Pivot предоставляет возможности визуального моделирования данных в Excel с поддержкой серверов через Share Point, но обладает меньшей производительностью, чем OLAP.

В работе [2] показано, что если основным фактором выбора решения является поддержка конкретного источника данных, при выборе подхода для моделирования будет полезна информация из раздела об источниках данных. Кубы OLAP предлагают значительно более богатые возможности анализа, чем реляционные системы управления базами данных (СУБД), которые обременены ограничениями в SQL (от англ. Structured Query Language – язык структурированных запросов). Кубы OLAP обычно поддерживают сложные рваные иерархии неопределенной глубины: организационные диаграммы или спецификации материалов. С помощью технологии OLAP можно извлекать данные из среды 1С (русская система учета на предприятии) или внешних хранилищ в различных форматах [3]. Кубы OLAP используют родной синтаксис запроса, который превосходит методы, применяемые для реляционных СУБД. Эти причины могут быть главным оправданием использования продукта OLAP [4], однако в связи, что он сложен в освоении, необходим выбор таких инструментов, которые исключают необходимость обращения к специалистам и предоставляют возможность пользователю самостоятельно получать из БД информацию, используя язык предметной области [5].

Методы исследования

Теоретические исследования выполнены с использованием методов сравнительного анализа, методов теории многомерных баз данных, методов автоматизированного сбора данных в сложных технических системах.

Средства OLAP для анализа технологических процессов на производствах

Проведен анализ функциональных возможностей табличных и многомерных подходов для аналитической обработки данных. Для табличных решений характерны реляционные конструкции моделирования, включающие таблицы и связи, модуль аналитики в памяти для хранения и вычисления данных. Кубы OLAP традиционно отмечаются экстремальными характеристиками, но это различие становится менее важным с прогрессом информационных технологий: разработкой баз данных (БД) внутри оперативной памяти и столбчатых БД. Если модели хранятся в оперативной памяти, и они реализуются намного быстрее, чем их многомерные аналоги.

Способность визуализировать что-то настолько абстрактное, как набор данных, конкретным и «осознаваемым» образом является секретом понятности. Модель данных, которая является простой с самого начала, имеет шансы

остаться простой в конце разработки. Модель, которая с самого начала является сложной, безусловно, будет слишком сложной в конце, что приведет к низкой производительности запросов и отказу от нее пользователей. Альберт Эйнштейн так сформулировал основную философию многомерного моделирования: «Сделайте все простым настолько, насколько это возможно, но не проще». Хотя пространственные модели часто инициализируются в реляционных системах управления базами данных, они довольно сильно отличаются от моделей третьей нормальной формы (3НФ), которые стремятся удалить избыточность данных. Нормированные 3НФ структуры разделяют данные на множество дискретных сущностей, каждая из которых становится реляционной таблицей. База данных заказов клиента может начинаться с записи для каждой строки заказа, но превращается в сложную паутину диаграммы в качестве модели 3НФ, возможно, состоящей из сотен нормированных таблиц. Индустрия иногда относится к моделям 3НФ, как к моделям типа «сущность-связь» (ER, от англ. Entity – Relationship). Сущность-связь диаграммы (ER диаграммы или ERDs) – это схемы, которые обмениваются данными отношения между таблицами. Как и 3НФ, так и пространственные модели могут быть представлены в ERDs, поскольку все они состоят из соединенных реляционных таблиц. Основное различие между 3НФ и пространственными моделями заключается в степени нормирования. Поскольку оба типа моделей могут быть представлены в виде ERDs, мы воздерживаемся от того, чтобы ссылаться на модели 3НФ в качестве моделей ER; вместо этого, мы называем их нормированными моделями, чтобы свести к минимуму путаницу. Нормированные 3НФ структуры чрезвычайно полезны в оперативной обработке, так как обновление или вставка транзакций затрагивает базу данных только в одном месте. Нормированные модели, однако, слишком сложны для BI-запросов (от англ. Business intelligence – бизнес-аналитика). BI-инструменты используются для перевода необработанной информации в понятную и удобную форму.

Пользователи не могут понять или вспомнить нормализованные модели, которые напоминают карту сложной системы автострад. Точно также, большинство реляционных систем управления БД не может эффективно запрашивать нормированную модель; сложность непредсказуемых запросов пользователей переполняет оптимизаторы баз данных, что приводит к катастрофически низкой производительности запросов. Многомерное моделирование решает проблему чрезмерно сложных схем.

OLAP применяется не только для финансового планирования с помощью средств класса BI (от англ. Business Intelligence – бизнес-интеллект); но и для анализа технологических процессов на машиностроительных, нефтегазовых, электротехнических и других сложных производствах. Также актуально использование технологий OLAP в государственных учреждениях, в аптечных сетях, в медицине, в телекоммуникациях, в логистических системах. В процессе производства и организации обмена информации о производственных процессах накапливается огромный объем информации: показатели датчиков, сведения о технологических процессах, технические характеристики

изделий, данные о загрузке оборудования. Эти данные можно использовать для управления и прогнозирования технологическими процессами. Вопрос оперативной обработки информации о технологических процессах, хранящихся в специализированных хранилищах, также может быть решен с помощью многомерного моделирования.

Многомерное моделирование является давней методикой для упрощения работы с БД. Раз за разом, на протяжении более пяти десятилетий, интернет-организации, консультанты и пользователи тяготеют к простой пространственной структуре, соответствующей основной человеческой потребности в простоте. Простота имеет решающее значение, поскольку она гарантирует, что пользователи могут легко понять данные, а также программное обеспечение позволяет быстро и эффективно ориентироваться в наборе данных и добиваться результатов.

Многомерная модель визуализируется с помощью куба (или в случае более трех измерений – гиперкуба). В точках внутри куба хранятся измерения: «Объем продаж – Продукт – Время» (при анализе процессов продаж); «Показатели датчиков – Производительность – Управление» (при анализе систем управления или передачи информации); «Продукт – Процесс – Ресурс» (при анализе технологических процессов). Пример структуры OLAP-куба для анализа технологических процессов приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – OLAP-куб с измерениями «Продукт – Процесс – Ресурс»

Под термином «Продукт» понимается любое изделие, изготавливаемое предприятием, независимо от того, является оно изделием основного производства, то есть продукцией предприятия, или изделием вспомогательного производства. Под услугами понимается услуги по разработке программного обеспечения, услуги по предоставлению выделенных каналов связи для информационного обмена между удаленными филиалами предприятия. Для шкалы измерения «Продукт» интервалы более низкого уровня характеризуют составные части (модули, детали), из которых состоит изделие. Они объединяются интервалом более высокого группирующего уровня при объединении деталей (модулей программы) в целое изделие (программу).

Под термином «Процесс» подразумевается последовательность действий

вий, связанных с функционированием системы технологической подготовки производства (ТПП). Кроме того, в раздел «Процесс» включается описание технологических процессов изготовления продукта (изделия), которые состоят из технологических переходов (законченных частей технологической операции, выполняемой с одними и теми же средствами технологического оснащения). Как и в случае описания продукта, технологические процессы (ТП) могут быть представлены описанием их структуры, соответствующей технологической документацией (ТД) и требуемыми для их выполнения ресурсами.

Под термином «Ресурс» подразумеваются различные виды обеспечения, используемые при выполнении бизнес-процессов технологического процесса предприятия (ТПП): кадровый ресурс, обеспечивающий ресурс, производственный ресурс, информационный ресурс, материальный ресурс. Ось измерения ресурсов на более низких уровнях иерархии отображают более детальную информацию. Для детализации кадрового ресурса отображаются сведения об отделах, службах и цехах предприятия, их сотрудников и специалистов, участвующих в процессах ТПП. Для детализации обеспечивающего ресурса отображаются сведения об архивах конструкторской документации (КД) и технологической документации (ТД). Для детализации производственного ресурса отображаются сведения об используемом технологическом оборудовании, различных видах оснастки и инструмента. Для детализации информационного ресурса отображаются сведения о справочно-информационных материалах, нормативно-технологических документах. Для детализации материального ресурса отображаются сведения об используемых материалах, стандартных и покупных изделиях.

Размерная модель содержит ту же информацию, что и нормированная модель, но упаковка данных происходит в формате, который обеспечивает пользователю большую понятность, производительность запросов и устойчивость к изменению.

Сравнительный анализ звездообразных схем и OLAP-кубов

Пространственные модели, реализованные в реляционных системах управления БД, упоминаются как звездообразные схемы из-за их похожей звездоподобной структуры. Пространственные модели, реализованные в многомерных средах баз данных, называются кубами оперативной аналитической обработки данных (OLAP), как показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема звезды в сравнении со схемой OLAP-куба

Если среда хранилища данных, интегрированная с системой интеллекта, включает в себя звездообразные схемы или OLAP-кубы, она использует пространственные многомерные концепции. Обе модели звезд и кубов имеют общую логическую конструкцию с узнаваемыми измерениями; однако их физическая реализация отличается. При загрузке данных в OLAP-куб, они хранятся и индексируются с использованием форматов и методов, которые предназначены для пространственных данных. Агрегирование производительности или предварительно вычисленные сводные таблицы часто создаются и управляются с помощью двигателя куба OLAP. Следовательно, OLAP-кубы обеспечивают более высокую производительность запросов из-за предварительных вычислений, стратегии индексации и других оптимизаций. Пользователи могут глубже вникнуть в суть проблемы путем добавления или удаления атрибутов из их анализа без создания новых запросов, что повышает производительность обработки. OLAP-кубы также обеспечивают более аналитически надежные функции, которые превосходят те, которые доступны с SQL.

К счастью, большинство из рекомендаций, содержащихся в работах [1...3], применимы независимо от реляционной или многомерной платформы базы данных. Хотя возможности технологии OLAP постоянно улучшаются, обычно рекомендуется [4], чтобы подробная, информация была загружена в схему «Звезда»; дополнительные кубы OLAP затем заполняются из этой схемы. По этой причине большинство пространственных методов моделирования сформулированы с точки зрения реляционной схемы «Звезда».

Таблица фактов в пространственной модели хранит измерения производительности, полученные в результате событий различных процессов организации, то есть содержит числовые значения, которые измеряются. Например, факт значение 20 может означать, что 20 продуктов (услуг) были произведены. Для каждого факта таблица содержит ключи, связанные с таблицами измерений. Эти ключи в таблице фактов называются внешние. В русскоязычной литературе часто эти таблицы называются таблицами «размерности», но с точки зрения определения параметров процессов в сложных технических системах целесообразно использовать термин «измерение». Таблицы фактов обычно содержат небольшое количество столбцов. По сравнению с таблицами измерений, таблицы фактов имеют большое количество строк.

Информация, представленная в таблице фактов, имеет следующие характеристики:

- численные значения используются для создания агрегатов и описаний;

- значения данных должны быть аддитивными или полуаддитивными, чтобы осуществить суммирование большого числа значений.

Например, название технологического процесса может являться атрибутом в таблице измерений технологического процесса, а наименование производимого в результате технологического процесса продукта, – в таблице измерений продуктов.

Таблицы измерений содержат сведения о фактах, с помощью которых аналитики, лучше понимают данные отчетов. Таблицы измерений содержат числовую информацию об атрибутах фактов (вид ресурса, характеристика технологического процесса, вид продукции (услуг)). Так как данные в таблице измерения является денормализованными, она обычно имеет большое число столбцов. Таблицы измерений обычно содержат значительно меньше строк данных, чем таблица фактов. Описания в отчете формируются из атрибутов измерения.

Существуют три основных типа одномерных моделей (рисунок 3): модель звезды; модель снежинки; модель созвездия. Схема звезды состоит только из таблиц размерности и таблицы факта. Схема снежинки является развитием схемы звезды, практически каждая таблица измерений содержит консольные таблицы, которые могут иметь несколько уровней иерархии. Схема созвездия содержит несколько таблиц фактов, каждая из которых имеет таблицы измерений и консольные таблицы. Несколько таблиц фактов могут общаться через консольные таблицы или таблицы измерений, отображающие несколько объектов с общими атрибутами.

При проектировании необходимо учитывать фактор дополнительных затрат времени на реализацию запроса к данным в схемах снежинки и созвездия, так как в них используются дополнительные консольные таблицы. При создании многомерных моделей на основе реляционной БД рекомендуется создавать длинные и узкие таблицы фактов и сравнительно небольшие и широкие таблицы измерений.

Необходимо хранить данные низкоуровневого измерения, полученного в результате процесса предприятия в одной пространственной модели. Поскольку данные измерений в подавляющем большинстве случаев – самый большой набор данных, он не должен быть продублирован в нескольких местах для нескольких организационных функций по всему предприятию. Предоставление пользователям из нескольких организаций доступа к одному централизованному хранилищу для каждого набора данных измерений обеспечивает использование согласованных данных по всему предприятию.

В связи с тем, что многомерные модели данных (кубы, гиперкубы) характеризуются денормализацией или неполной нормализацией, возникает дублирование или избыточность данных, так как ячейки гиперкубов имеют одинаковую размерность. Для предотвращения избыточных расходов ресурсов системы аналитической обработки данных необходимо учитывать плотные и разреженные измерения [6].

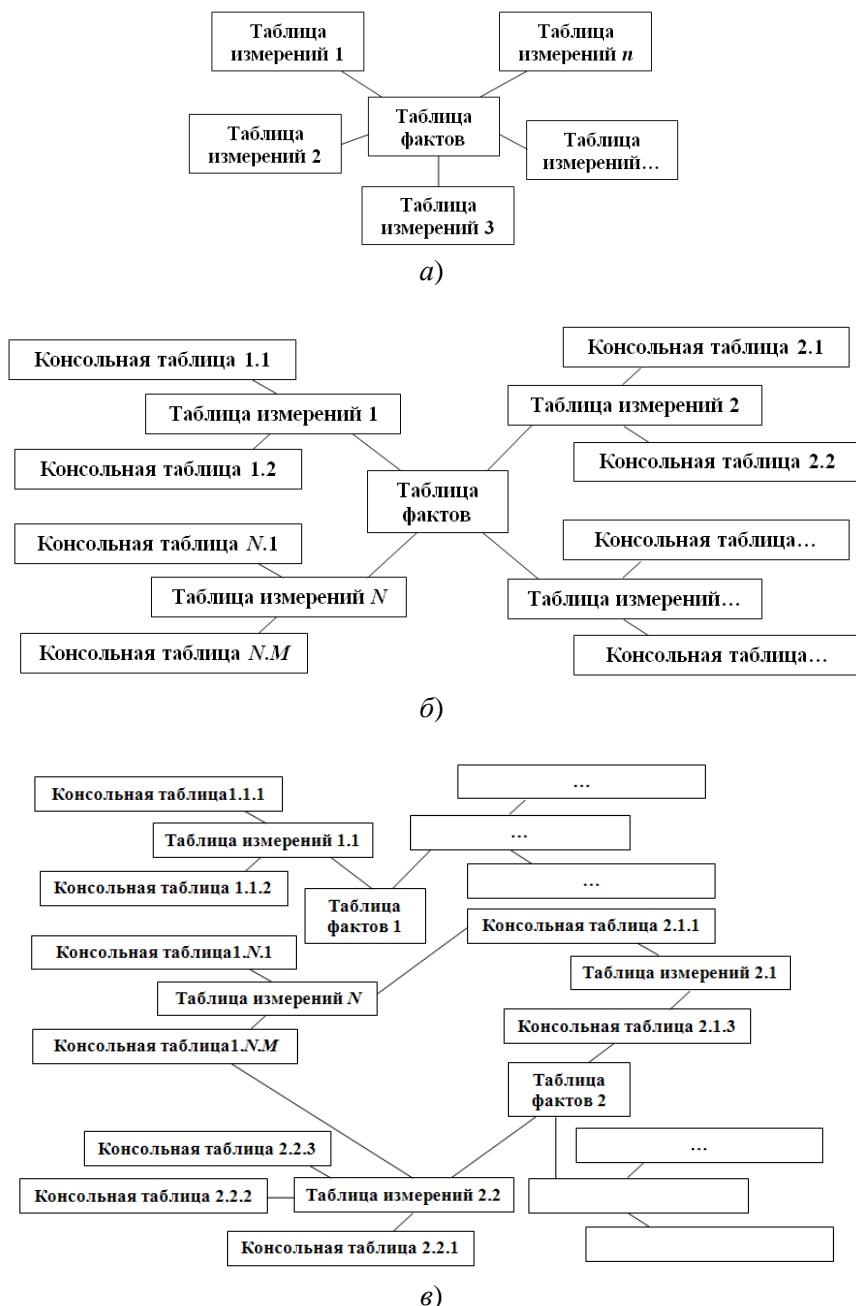


Рисунок 3 – Типы одномерных моделей: а) модель «Звезда»; б) модель «Снежинка»; в) модель «Созвездие»

Интеграция информационно-управляющих подсистем предприятия с многомерными системами обработки данных

Термин «факт» представляет собой измерение предприятия, производ-

ства, технологического процесса. Реализованная продукция (услуги) записываются как количество реализованных единиц и стоимость ресурсов для реализации каждой продукции (услуги). Эти измерения записываются в реестре при регистрации продукции (услуг). На современном этапе развития информационных технологий эти измерения можно автоматизировать с помощью технологий бесконтактной идентификации: штриховое кодирование, технология радиочастотной идентификации RFID (от англ. Radio Frequency Identification Devices), QR-код.

При интеграции систем идентификации с информационно-управляющими подсистемами предприятий и создании единой информационной среды, можно снизить себестоимость продукции за счет более быстрого перемещения этой продукции в технологической цепи и уменьшить время технологического процесса [7] и повысить эффективность принятия решений в сложных технических системах [8...12]. На рисунке 4 показана запись измерений, которые получены в результате считывания информации о маркированном продукте специальным RFID-устройством и автоматического занесения в таблицу фактов событий измерений идентифицированного продукта.

Событиями измерений являются: дата изготовления; идентификационный номер продукта; номер ресурса для изготовления продукта; номер хранилища для обработки данных о продукте; номер накладной о транспортировке продукта заказчику или на склад; номер работника, который занимается данным видом продукта и его дальнейшим продвижением; количество изготовленных продуктов и стоимость произведенных продуктов.



Рисунок 4 – Перевод событий измерений в таблицы фактов

Таблица фактов, как правило, имеет свой собственный первичный ключ, состоящий из подмножества внешних ключей (на рисунке 4 показано 8 внешних ключей). Этот ключ часто называют составным ключом. Каждая таблица, которая имеет составной ключ, является таблицей фактов.

Каждая строка в таблице фактов соответствует событию измерения. Соблюдение дисциплины при создании таблицы фактов с одним уровнем детализации гарантирует, что измерения не будут неверно учтены дважды.

Идея о том, что событие измерения в физическом мире имеет отношение один к одному к одной строке в соответствующей таблице фактов, является основополагающим принципом для многомерного моделирования.

Самые полезные факты являются числовыми и аддитивными, к примеру, объем производства в денежных единицах. Аддитивность имеет решающее значение, так как приложения систем аналитической обработки редко извлекают одну строку таблицы фактов. Наоборот, они извлекают сотни, тысячи или даже миллионы строк таблицы фактов за раз, и самое полезное, что можно сделать с таким количеством строк, – это сложить их.

Факты иногда полуаддитивны или даже неаддитивны. Полуаддитивные факты, такие как остатки денежных на счетах или остатки ресурсов на предприятии, не могут быть суммированы по измерению времени. К неаддитивным фактам, таким как расходование ресурса на составную часть изделия, никогда не может быть применена операция сложения, так как в этом случае необходимо использовать счетчики и средние значения или все сведется для анализа одной строки таблицы фактов за раз – крайне непрактичный метод с таблицей фактов в миллиард строк.

Факты часто описываются как непрерывно оцениваемые. Необходимо оценить измеряемый факт, в том числе используя различные информационные технологии для автоматизации измерений (на рисунке 4 это одна из технологий бесконтактной идентификации). Теоретически возможно, что измеряемый факт будет текстуальным; Однако, такое состояние возникает редко. В большинстве случаев текстовое измерение – это описание чего-либо, и оно берется из дискретного списка значений. Архитектор проекта должен приложить все усилия, чтобы описать текстовые данные в измерения, как они могут быть соотнесены более эффективно с другими атрибутами текстуального измерения и занимать гораздо меньше места в компьютерной памяти.

Таким образом, включая только истинную деятельность, таблицы фактов имеют тенденцию быть весьма разреженными. Несмотря на их разреженность, таблицы фактов, как правило, составляют 90% и более от общего пространства, занимаемого пространственной моделью. Таблицы фактов имеют тенденцию быть глубокими с точки зрения количества строк, но узкими с точки зрения количества столбцов.

Таблицы фактов отображают: транзакции, периодические снимки и накопление снимков. Все таблицы фактов имеют два или более внешних ключей (см. рисунок 4), которые подключаются к первичным ключам таблиц измерений. Например, ключ продукта в таблице фактов всегда совпадает с заданным ключом продукта в таблице измерений изделий. Когда все ключи в таблице фактов правильно соответствуют их соответствующим первичным ключам в соответствующих таблицах измерений, таблицы удовлетворяют ссылочной целостности. Доступ к таблице фактов осуществляется с помощью таблиц измерений, присоединенных к ней.

Рекомендации по разворачиванию многомерных систем аналитической обработки данных

Решения, которые предлагается использовать при разворачивании данных в кубы OLAP, приведены в таблице 1.

Таблица 1 –Рекомендации по развертыванию OLAP

Решения	Обоснование решения
Физическая основа для построения OLAP-куба– звездообразная схема, размещенная в реляционной базе данных	Более стабильная основа для резервного копирования и восстановления
Переход от реляционной СУБД к кубам OLAP	Преимуществами в производительности по сравнению с реляционными системами управления базами данных (СУБД)
окончательные детали развертывания часто зависят от выбранного поставщика OLAP	Структуры данных OLAP-куба сильнее различаются у разных производителей, чем реляционные СУБД
Импортирование приложений интеллектуального анализа данных между различными инструментами OLAP (BI)	Импортировать BI-приложения между различными инструментами OLAP гораздо труднее, чем импортировать BI-приложения в различные реляционные базы данных
Реализация более сложных вариантов безопасности	Ограничение доступа к подробным данным, но обеспечение более открытого доступа к сводным данным
Отдельное определение физических размеров OLAP-куба	Некоторые продукты OLAP не включают пространственные роли или псевдонимы
Реализация детализированных иерархий по сравнению с реляционными БД	Кубы OLAP могут налагать ограничения на структуру ключей измерения

При развертывании многомерных систем аналитической обработки данных необходимо также учесть, что OLAP-кубы часто должны быть переработаны полностью или частично, когда данные будут перезаписаны с использованием альтернативных медленно меняющихся методов измерения. OLAP-кубы поддерживают транзакции и периодические снимки таблицы фактов, но не сохраняют снимки таблицы фактов из-за ограничений на перезапись данных.

Не следует хранить избыточную текстовую информацию в таблицах фактов. Если текст не уникален для каждой строки в таблице фактов, он принадлежит таблице размерности. Правдивый текстовый факт встречается редко, потому что непредсказуемо содержание текстового факта, подобно свободной форме текстового комментария, что делает его практически невозможным для анализа. Если нет никакой активности событий для данного продукта, то ни одной строки в таблице фактов не ставится. Не следует заполнять таблицу фактов нулями, не представляющими никакой активности, потому что эти нули будут подавлять большинство таблиц фактов.

Выводы

Проанализирована структура многомерных кубов для обработки большого количества данных, использующихся при управлении процессами сложных предприятий и производств в режиме реального времени. Показано,

что для предотвращения избыточных расходов ресурсов многомерной системы аналитической обработки данных в таблицах измерений необходимо учитывать плотные и разреженные измерения. Практические рекомендации по развертыванию многомерных систем обработки данных учитывают их интеграцию в существующие системы управления предприятием с использованием бесконтактных технологий автоматизированного сбора и измерения данных.

Литература

1. Codd E. F., Codd S. B., Salley C. T. Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate // E. F. Codd & Associates. 1993.
2. Сравнение табличных и многомерных решений – MSDN – Microsoft. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh212940\(v=sql.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh212940(v=sql.120).aspx). Дата обращения: 22.01.2016.
3. Радченко М.Г. 1С:Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы // ООО «1С-Публишинг». 965 с.
4. Ralph Kimball, Margy Ross. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling Third Edition // Published by John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana. Published simultaneously in Canada. 2013. 564 с.
5. Акимкина Э.Э. Оценка эффективности обслуживания клиентов в контексте системного анализа // Вопросы региональной экономики. №2 (27). 2016. С. 123-134.
6. Дорожкин А.К. Оценка объемов многомерного куба в OLAP-системах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2005. № 19. С. 97-104.
7. Акимкина Э. Э. Проблемы внедрения технологий бесконтактной идентификации на производстве и в банковских структурах // Информационно-технологический Вестник. № 4(10). 2016. С. 18-32.
8. Аббасов А.Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 15-27.
9. Аббасова Т.С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. № 3, т.6. С. 10-13.
10. Аббасова Т.С. Повышение эффективности эксплуатации высокоскоростной кабельной системы с помощью виртуальных технологий // Информационные технологии. 2010. № 12/172. С. 28-31.
11. Аббасова Т.С. Виртуализация вычислительных мощностей в центрах обработки данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2009. Т. 5. № 4. С. 8-12.

12. Artyushenko V.M. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems // Biosci., Biotech. Res. Asia. 2014. Vol. 11– P. 277-279.

УДК 629.7

**Повышение эффективности циклических устройств сбора
и обработки информации в системах мониторинга
и вибродиагностики**

А.П. Мороз, д.т.н., профессор,

Т.С. Аббасова, к.т.н., доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область,

М.Е. Ставровский, д.т.н., профессор,

Научно-исследовательский институт «Центр Экологической Промышленной
Политики», г. Мытищи, Московская область

Определены задачи повышения эффективности устройств сбора и обработки информации в телеметрических системах мониторинга и вибродиагностики. Проанализированы возможности САД-программ для расчета виброударных процессов и случайных колебаний устройств и печатных плат. Проведено частотное исследование и исследование случайного колебания на примере печатной платы в среде SolidWorks. Исследованы назначение, принцип работы, информационные характеристики бортовой радиотелеметрической системы «Пирит» для измерения параметров летательных аппаратов, которые характеризуются различными фазами и продолжительностью телеметрируемого участка полета; показано, что аппаратура «Пирит» может эффективно применяться для комплексного телеметрирования информации медленно меняющихся процессов и быстро меняющихся процессов летательных аппаратов.

Виброизмерения, случайные колебания, среда моделирования, интегральные схемы, печатные платы.

**Improving the efficiency of cyclic devices for collecting and processing
information in monitoring and vibration diagnostics systems**

A.P. Moroz, Dr.Sci.Tech. professor,

T.S. Abbasova, PhD in Technological Sciences associate professor,
State Educational Institution of Higher Education

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

M.E. Stavrovsky, Dr.Sci.Tech. professor,

Scientific-Research Institute «Center of Ecological Industrial Policy»,
Mytischki, Moscow region

Identified the problem of increasing the efficiency of the collection device and the processing of information in telemetry monitoring systems and vibration

diagnostics. The possibilities of CAD-programs for the calculation of vibro-impact processes and random vibration devices and printed circuit boards. A study of the frequency and random vibration study on the example of the PCB in SolidWorks environment. Abstract purpose, principle of operation, characteristics of the onboard telemetry information «Pyrite» system for measuring the parameters of aircraft, which are characterized by different phases and the duration of the flight telemetered site; It shows that the «Pyrite» equipment can be effectively used for the integrated telemetry information slowly evolving processes and rapidly changing processes of aircraft.

Vibration measurements, random fluctuations, the modeling environment, integrated circuits, printed circuit boards.

Введение

Одним из важнейших направлений совершенствования циклических устройств сбора и обработки информации для вибродиагностики и мониторинга является использование телеметрических (ТМ) систем [1,2]. Виброизмерения проводятся при лётных испытаниях летательных аппаратов для определения действующих на конструкцию внешних нагрузок, при наземных резонансных испытаниях конструкций для определения характеристик их собственных колебаний, при испытаниях моделей в аэродинамических трубах для определения границы области устойчивости. Актуально повышение точности виброизмерений, точности расчетов конструкций на виброудары и повышение пропускной способности радиоканала, передающего результаты измерений быстро меняющихся процессов (БМП). Для повышения точности расчета виброударных процессов используют специализированные программные пакеты.

Повышение точности расчета виброударных процессов с помощью средств автоматизированного проектирования

Эффективным средством расчета виброударных процессов является подпрограмма Circuit Works пакета Solid Works. С помощью этой подпрограммы можно осуществить рабочий процесс импорта данных ECAD (от англ. electronic computer-aided design – средства автоматизированного проектирования электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п.) для использования в моделях SolidWorks; для преобразования устройств, описанных принципиальной схемой, в физическую компоновку или печатную плату.

Применение средств ECAD уменьшает время расчета и увеличивает точность расчета [3...5]. Проектирование баз данных, которые содержат графические файлы с аннотированными трехмерными моделями проектируемых устройств и печатных плат, в соответствии с многомерной концепцией хранилища данных и организацией запросов, уменьшает время обработки информации об изделиях и время доступа к файлам, увеличивает оперативность принятия решений [6...8].

В соответствии с рекомендуемым НАСА (Национальное управление по аэронавтике и космонавтике) профилем для испытания аппаратуры на пригодность к полетам печатная плата подвергается воздействию ускорения PSD (от англ. Power Spectrum Density – спектральная плотность мощности). Необходимо оценить отклик печатной платы на случайные колебания окружающей среды. Solid Works предоставляет такую возможность. Создается частотное исследование и исследование случайного колебания на примере печатной платы, изображенной на рисунке 1, задаются свойства исследования, определяется случайная нагрузка и свойства демпфирования.

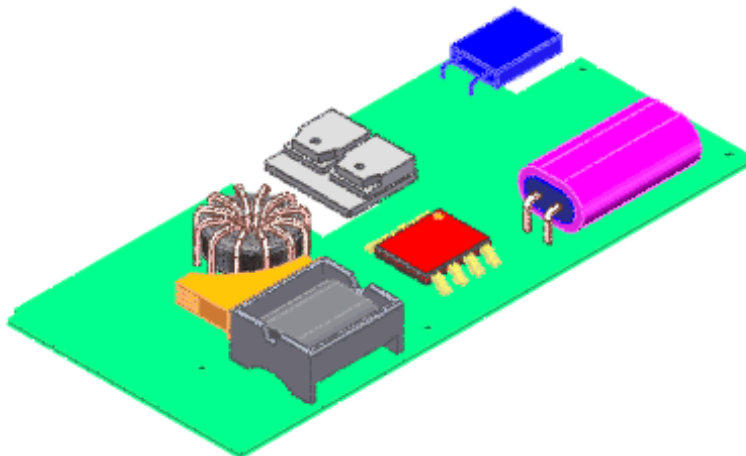


Рисунок 1 – Печатная плата для проведения исследований на пригодность к полетам

Просмотр результатов анализа случайного колебания осуществляется в графической области: появляется эпюра среднеквадратичного значения компонента перемещения по UY (рисунок 2).

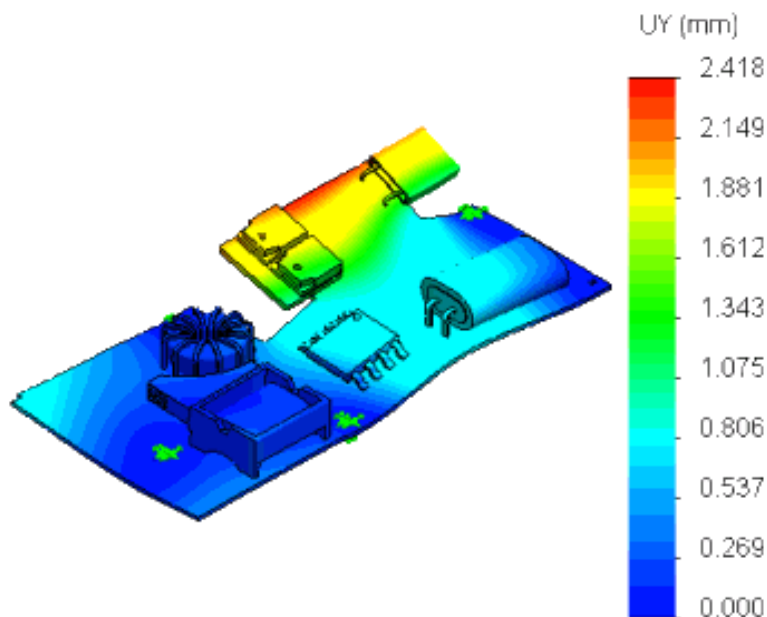


Рисунок 2 – Просмотр результатов анализа случайного колебания печатной платы

Максимальное среднеквадратичное (стандартное) отклонение для компонента UY (перемещение по оси Y) равно 2,42 мм. Следующие данные приведены в предположении нулевого среднего значения и нормального распределения вероятностей. Вероятность того, что абсолютная величина UY не превышает 2,42 мм, равна 68,27%. Вероятность того, что абсолютная величина UY не превышает 4,84 мм (удвоенное среднеквадратическое отклонение, СКО), равна 95,45%. Вероятность того, что абсолютная величина UY не превышает 7,26 мм (утроенное СКО), равна 99,73%. Значения вероятностей превышения приведены в таблице 1.

Среднее значение UY равно 0. Это свидетельствует о том, что случайные колебания печатной платы, которая входит в состав исследуемого аппарата, не превышает допустимые НАСА значения.

Таблица 1 – Анализ вероятностей превышения

	Значения вероятностей превышения		
	Для 68,27% случаев	Для 95,45 % случаев	Для 99,73% случаев
Смещение UY (мм)	от -2,42 до 2,42 (от «среднее – СКО» до «среднее + СКО»)	от -4,84 до 4,84 (от «среднее – 2*СКО» до «среднее + 2*СКО»)	от -7,26 до 7,26 (от «среднее – 3*СКО» до «среднее + 3* СКО»)

Исследования проведены в компьютерной лаборатории «Технологического университета».

Технические решения для измерения БМП в эксплуатационных

условиях

Обычно используется магистрально-модульный принцип построения с пакетным обменом данными между основными приборами системы по мультиплексному «манчестерскому» каналу (МКО) в соответствии с ГОСТ 26765.52-87 [9...13]. Для формирования пакетов и управления обменом данными по МКО основные приборы бортовой радиотелеметрической системы (БРТС) «Пирит» построены на базе микро ЭВМ, что одновременно обеспечивает возможность адаптивного сбора и бортовой обработки информации.

Наличие вычислительных ресурсов в приборах позволило реализовать в системе «Пирит» самодиагностику с определением исправности блоков и устройств и выдачей диагностической информации в составе служебного пакета в выходном ТМ-кадре, а также обеспечить, в случае необходимости, реконфигурацию системы с исключением неисправных устройств.

БРТС Пирит, типовая схема, которой приведена на рисунке 3 [12], имеет ряд существенных недостатков. Из основных технических решений, ограничивающих возможности систем «Пирит», следует отметить следующие:

- 1) Недостаточная пропускная способность канала МКО. Даже с учетом оптимизации ПМО и блочной передачи данных полезная пропускная способность МКО не превышает 400 Кбит/с (при тактовой частоте 1 МГц, т.е. 40%), чего недостаточно уже для работы на информативности 512 Кбит/с.
- 2) Низкая производительность процессора программируемых приборов.

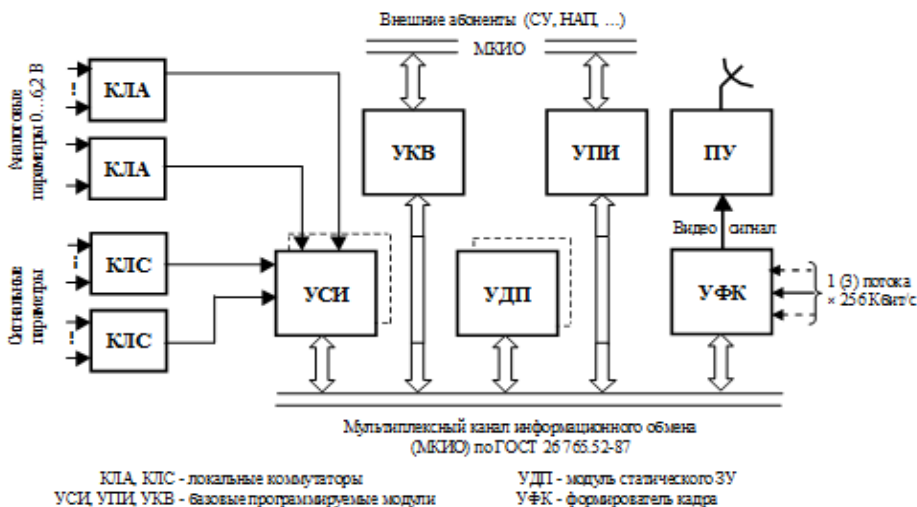


Рисунок 3 –Типовая структурная схема системы «Пирит»

Низкая производительность процессора позволяет использовать лишь малую часть потенциально заложенных в приборе УСИ возможностей по

приему данных от локальных коммутаторов при формировании пакетов для выдачи в МКО.

3) Отсутствие возможности измерения быстро меняющихся параметров (вибраций и ударов) при автономном полёте космического аппарата (КА).

Для более эффективной работы системы «Пирит» к модулю сбора и обработки ММП, с частотой опроса до 200 Гц, был дополнительно введен модуль сбора и обработки БМП, с частотой опроса до 16 кГц.

Новая система получила название «Пирит-П» [12]. Обработка информации происходит непосредственно на борту.

Основная задача, которую необходимо было реализовать, заключается в следующем: объем измерений должен соответствовать пропускной возможности радиоканала [9,14,15].

На рисунке 4 представлена структурная схема модернизированной БРТС «Пирит-П». Элементами схемы являются: средства сбора данных, выполняющие функции приёма, преобразования сигналов и ввода их в ЭВМ (состоит из двух модулей – модуль сбора данных, представляющих БМП и модуль сбора данных, представляющих ММП); модуль ЭВМ; периферийная система (включает в себя набор функциональных модулей многократного применения); управляющая система (модуль синхронизации, часы реального времени, контроллер электропитания, модуль конфигурации системы).

Рассмотрим подробнее приведенную на рисунке 5 структурную схему модулей сбора данных, представляющих БМП. Модули сбора сигналов от датчиков вибраций, акустики и ударов имеют одинаковые средства, параметры которых настраиваются под характеристики собираемых сигналов.

Входной сигнал с пьезодатчиков поступает на вход усилителя заряда с изменяющимся коэффициентом передачи от 1 до 100 с шагом 1, 2, 5 и далее на ФНЧ с коэффициентом затухания за пределами полосы не менее 60 дБ/октава. Это обеспечивает подавление всех помех за полосой пропускания и позволяет назначить частоту дискретизации равной $2,5 f_{cp}$, где f_{cp} – частота среза ФНЧ, что в свою очередь даёт возможность сократить информативность потока на выходе в 1,6 раза.

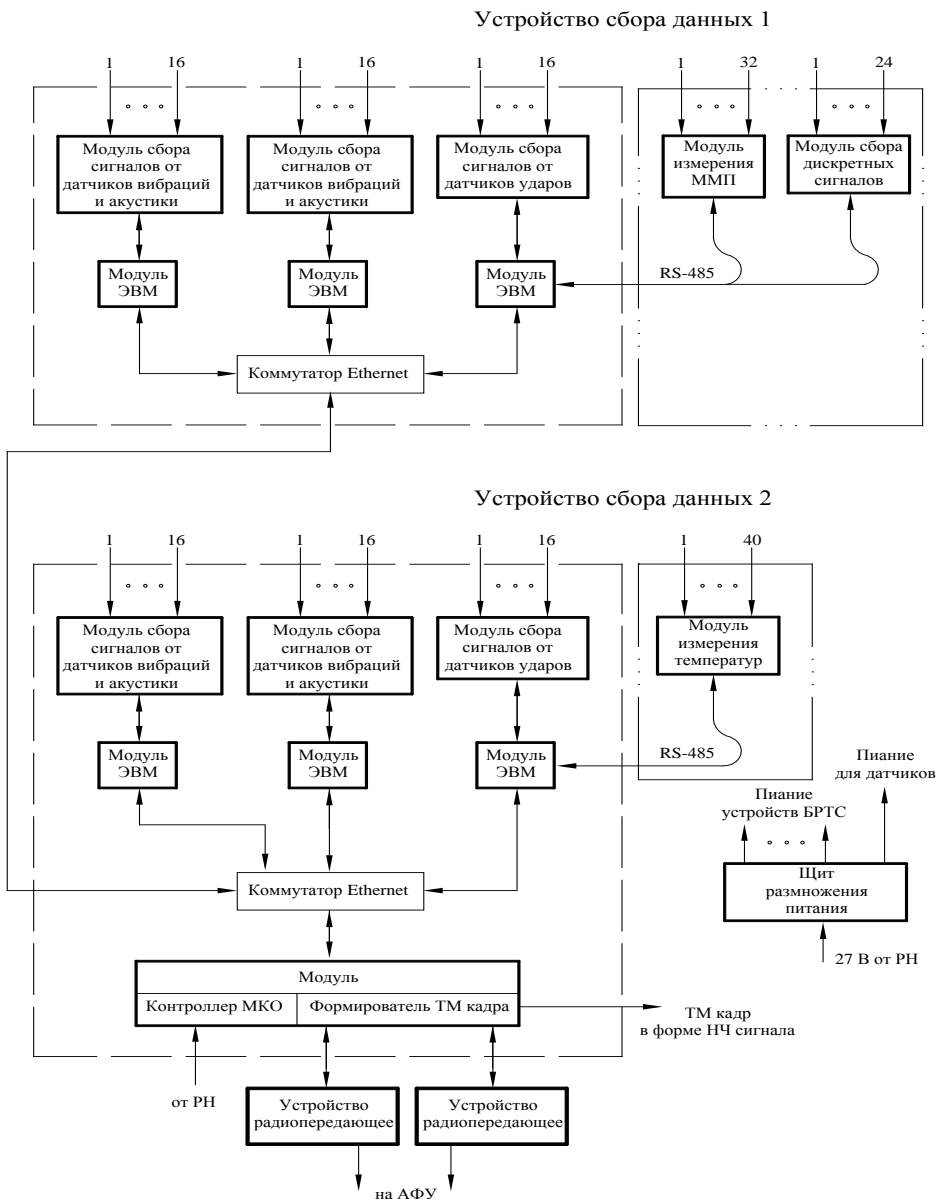


Рисунок 4 – Структурная схема модернизированной БРТС «Пирит-П»

С выхода ФНЧ через мультиплексор сигнал поступает на вход 16-разрядного АЦП и далее на интерфейс записи данных в память ЭВМ.



Рисунок 5 – Структурная схема модулей сбора БМП

Оперативная оценка вибрационного состояния узлов и агрегатов

Для оперативной оценки вибрационного состояния отдельных узлов и агрегатов изделия необходимо непрерывно вычислять следующие характеристики виброакустических процессов, представленные 16-ти разрядным двоичным кодом:

1) Среднее значение m_x

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_n \quad (1)$$

где x_n – отсчет измеренного сигнала $x(t)$ в точке n ; N – количество отсчетов.

С помощью среднего значения m_x можно выделить различные воздействия, значительно превышающие диапазон измерения

2) Среднеквадратическое отклонение σ_x

$$\sigma_x = \frac{1}{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} (X_n - m_x)^2 \quad (2)$$

Среднеквадратическое отклонение σ_x позволяет оценивать колебательную составляющую измеренного сигнала, что особенно важно при появлении тренда или скачкообразного изменения характера сигнала.

3) Максимальные значения Max_x

$$Max_x = \max \{(x_1 - m_x) \dots (x_n - m_x)\} \quad \text{при } n = 0 \dots N-1 \quad (3)$$

4) Минимальные значения Min_x

$$Min_x = \min \{(x_1 - m_x) \dots (x_n - m_x)\} \quad \text{при } n = 0 \dots N-1 \quad (4)$$

С помощью Max_x и Min_x значений оцениваются пиковые вибронагрузки на тот или иной агрегат или узел.

5) Спектр мощности

$$G_{cm}(k) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M [A^2(k) + B^2(k)] \quad (5)$$

где M – количество реализаций, A и B – коэффициенты.

Спектральная плотность мощности;

$$G_{cm}(k) = \frac{G_{cm}(k)}{\Delta f}. \quad (6)$$

где Δf – полоса частот.

Амплитудный спектр

$$A(k) = \sqrt{G_{cm}(k)}. \quad (7)$$

Все вычисленные спектральные характеристики позволяют иметь на-грузочные составляющие в заданных частотных полосах.

При обработке ударных процессов основной характеристикой является ударный спектр, который позволяет оценивать ударное воздействие на узлы и агрегаты в заданных частотных областях [6]. Измерения параметров вибраций и ударов необходимо по двум причинам: заказчики вывода полезных грузов требуют представления результатов непрерывного измерения механических воздействий на полезный груз на всех этапах его вывода, включая процесс отделения; вибрационные и ударные процессы при любой нештатной ситуации на борту летального аппарата являются одним из важнейших видов информации.

Экспериментальные исследования для оценки пропускной способности радиоканала

Структурная схема стенда для обработки и испытаний приведен на рисунке 6, проектное решение которого принадлежит центру №1 НПО ИТ. Этот стенд позволяет наглядно продемонстрировать, как происходит распаковка телеметрического кадра одного БМП (рисунок 7). Так же на данном стенде было проведено исследование работы цифрового фильтра, входящего в состав измерительной аппаратуры БМП, на различных спектральных составляющих (рисунки 8-11), которое позволило оценить пропускную способность радиоканала.

Расчет интегральных значений приведен на интервале 1 секунда. 20 первых столбцов – это пиковые значения сигнала на каждом из 10 интервалов по 0.1 секунды, а также среднее значение. Следующие 27 столбцов – расчет 3х октавных полосовых фильтров. Проанализируем результаты тестирования. Частотный анализ входного сигнала производится. Это определяется скачком спектральной составляющей на заданной частоте.

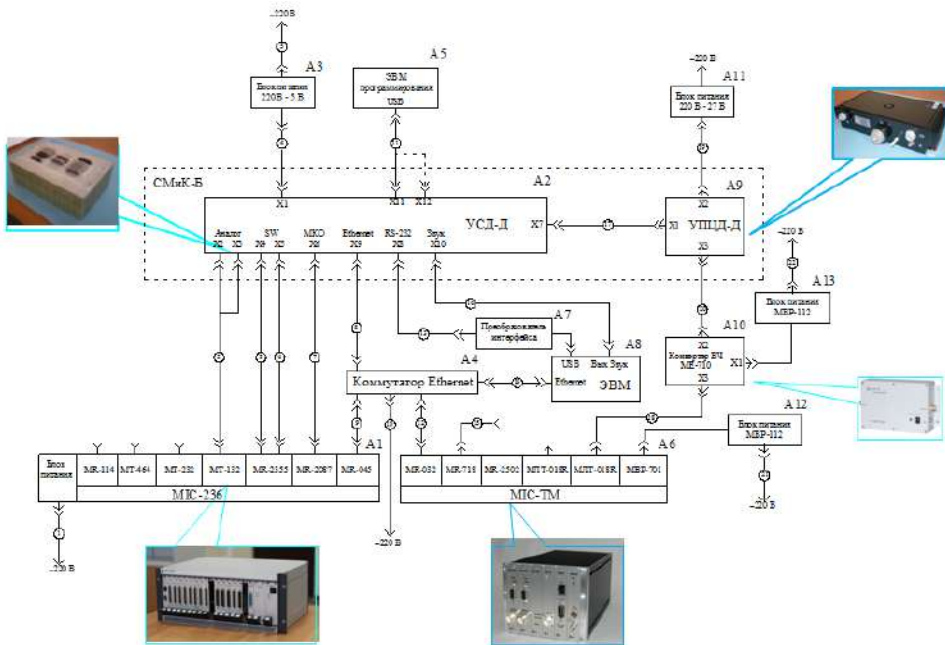


Рисунок 6 – Структурная схема стенда

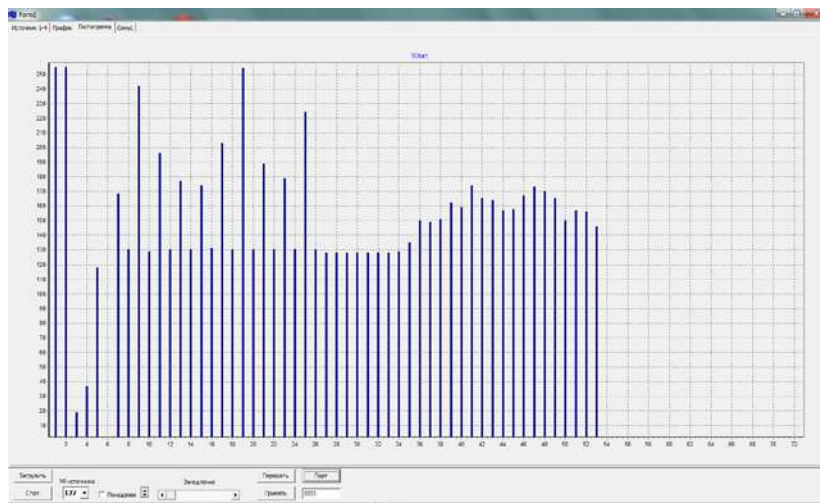


Рисунок 7 – Распаковка телеметрического кадра одного БМП с результатами вычисления максимальных и среднеквадратичных значений БМП и трехъ-
тавного спектра

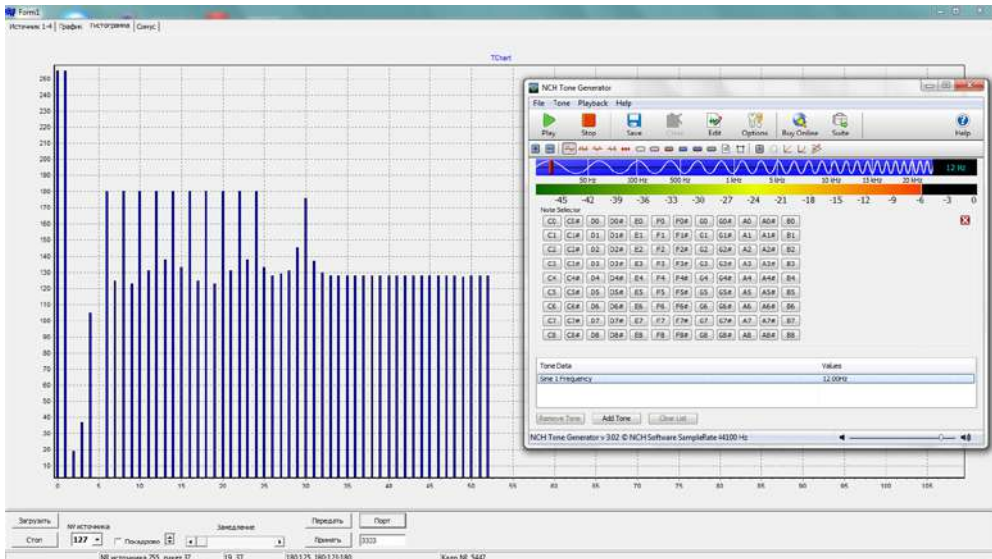


Рисунок 8 – Тестирование цифрового фильтра на частоте 12 Гц

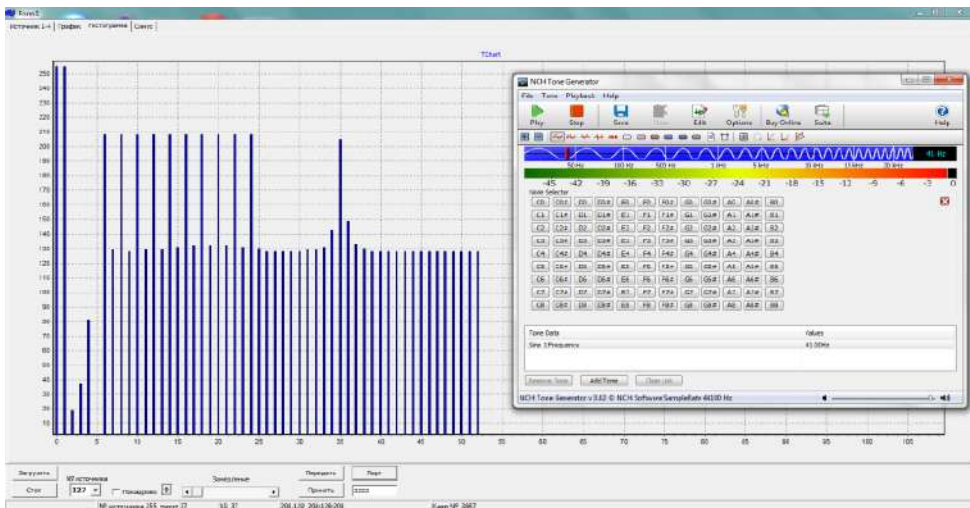


Рисунок 9 – Тестирование цифрового фильтра на частоте 41 Гц

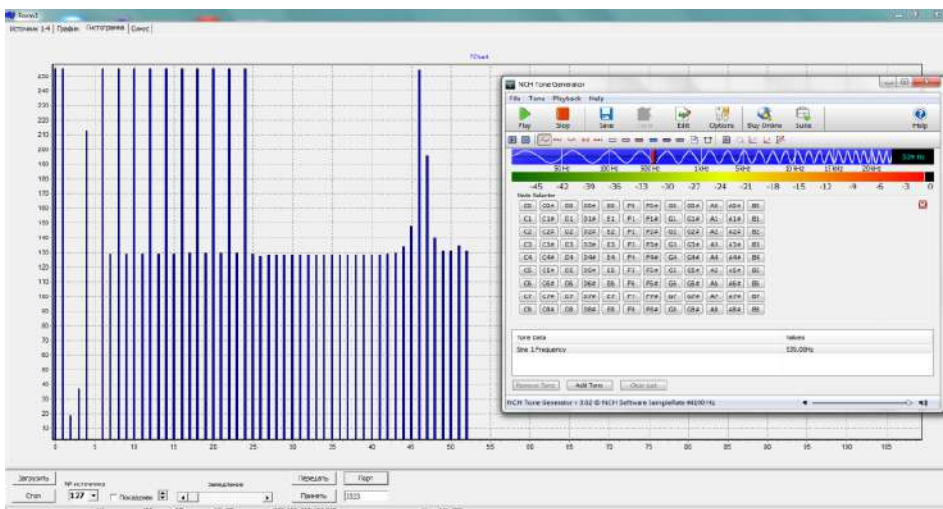


Рисунок 10 – Тестирование цифрового фильтра на частоте 539 Гц

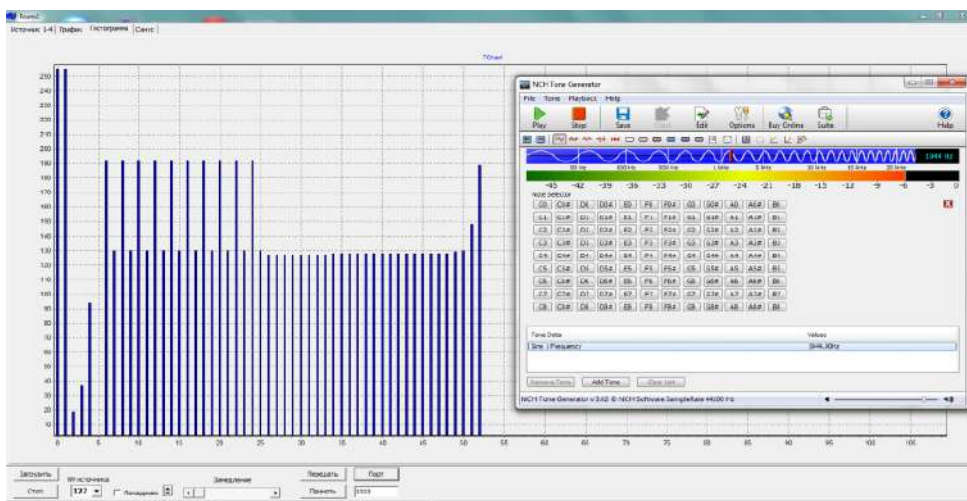


Рисунок 11 – Тестирование цифрового фильтра на частоте 1944 Гц

Заключение

Частотное исследование и исследование случайного колебания в программной среде SolidWorks на примере печатной платы прибора показало, что полученные в результате моделирования испытаний аппаратуры на пригодность к полетам отклонения платы в результате перемещения соответствуют рекомендациям НАСА, и дополнительных конструкционных мер защиты от воздействий и случайных колебаний не требуется.

Экспериментальные исследования, проведенные с помощью специализированного стенда, для оценки характеристик цифрового фильтра, входящего в состав измерительной аппаратуры БМП, и частотного анализа входного телеметрического сигнала показали, что объем измерений соответствует

пропускной возможности радиоканала.

Литература

1. Назаров А.В., Козырев Г.И. Современная телеметрия в теории и на практике // СПб.: Наука и Техника. 2007. 672 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. // М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 1104 с.
3. Аббасов А.Э. Исследование технологических процессов сборки сложных технических устройств с использованием современных методов обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2015. С. 3-13.
4. Артюшенко В. М., Аббасов А.Э. Использование методов визуализации с применением 3D-образов для технических процессов сборки и отработки сложных технических устройств // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 4(48). С.38-43.
5. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation //М.: ДМК Пресс. 2010. 464с., ил. (Серия «Проектирование»).
6. Акимкина Э.Э., Аббасов А.Э. Анализ инструментальных средств информационных систем для обработки многомерных данных // Информационно-технологический Вестник. № 2(08). 2016. 61-74.
7. Акимкина Э.Э. Аббасова Т.С., Аббасов Э.М. Архитектура системы поддержки принятия решений в задачах оперативного анализа данных // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции (3 апреля 2016 г, г. Саранск). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2016. С. 6-10 (188 с.).
8. Акимкина Э.Э. Развитие и адаптация имитационного и компьютерного моделирования в системах поддержки принятия решений // Современные информационные технологии / сборник трудов по материалам II-ой межвузовской научно-технической конференции 14 сентября 2016 года, г.о. Королев, «МГОТУ» / Под общей науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко // М.: Издательство «Научный консультант». 2016. С. 112-121 (182 с.).
9. Артюшенко В.М. Бекетов В.А., Кузьмин С.В., Майданов А.Ю., Мороз А.П., Привалов В.И. Сбор и обработка виброакустических процессов на борту ракетно-космической техники // Приволжский научный вестник. 2014. № 4 (32). С. 23-28.
10. Аббасова Т.С., Погосян А.Т. Анализ структуры наземного комплекса управления космическими летательными аппаратами // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2016): сб. статей VI международной заочной научно-технической конференции. Ч.1 / Приволжский гос. ун-т сервиса // Тольятти: Изд-во: ПВГУС. 24-25.03.2016. С. 19-22 (345 с.).

11. Артюшенко В.М., Васильев Н.А., Аббасова Т.С. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и ракетно-космической техники // Сборник статей. Международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании». 2013. С. 17-22 (425 с.).
12. Данилова А.Д., Аббасова Т.С. Научные исследования на базовой кафедре Финансово-технологической академии // сборник материалов Международной научно-практической конференции 24-25 апреля 2014 г. «Перспективы, организационные формы эффективности развития сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов»: Королев МО: Финансово-технологическая академия. ФТА. Изд-во «Канцлер». 2014. С. 342-350 (512 с.).
13. Кучеров Б.А. Адаптация мощности земных станций узловой сети узловой сети спутниковой связи при работе в стволе с прямой ретрансляцией // Двойные технологии. № 1. 2015. С. 53-58.
14. Белюченко И.М., Зиновьев В.Н., Стрелюк Ю.В., Самаров К.Л. Анализ электромагнитной совместимости излучающих радиосистем малого радиуса действия в системах сбора телеметрической информации // Двойные технологии № 4. 2014. С. 6-9.
15. Аббасова Т.С., Комраков А.А. Восстановление и проверка корректности телеметрических данных // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2015. С. 55-64.

УДК 004.56

**Утечка информации на современном предприятии
(организации) – проблема информационной безопасности**

В.Н. Соляной, к.в.н., доцент, заведующий кафедрой
«Информационная безопасность»,

А.И. Сухотерин, к.в.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой
«Информационная безопасность»,

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

В статье освещается проблема использования экономической информации в сложнейшей производственной сфере, связанной с ростом информационного потока и находится в постоянной зависимости от производственного потенциала. ИБ (ЗИ) становится важным видом деятельности.

Информационная безопасность, защита информации, направления обеспечения ИБ.

**Information leakage at the modern company (organization) –
IS problem**

V.N. Solianoy, the candidate of military science, associate professor,
head of Information security department,

A.I. Sukhoterin, the candidate of military science, associate professor, assistant
manager chair of Information security,

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

The article reveals problem of use economic information in the most difficult production field, connected with an increase stream of information and constant depending on the production potential. IS (DP) becomes important activity.

Information security (IS), data protection (DP), directions of information security providing.

В конце прошлого XX-го века возникла новая угроза, которая фактически не учитываемая в производственной и бизнес деятельности предприятий. Появились такие незнакомые и порой пугающие понятия, как информационное противоборство, информационная война, информационное оружие. Сегодня вопросу информационной безопасности уделяется серьезнейшее внимание. Особенно актуальна проблема использования экономической информации в сложнейшей сфере управления материальным производством, где

рост информационного потока находится в естественной зависимости от промышленного потенциала. Быстрое развитие процессов автоматизации производства, использование компьютеров и сетей во всех сферах современной жизни, помимо несомненных преимуществ, повлекло появление ряда весьма специфичных проблем. Одна из них – необходимость обеспечения эффективной защиты информации. Защита информации становится важнейшим аспектом информационной политики государства, а в экономической сфере, – специфическим и ответственным видом деятельности [1,2,3,4,5, с.359,6,с.249].

По мнению уважаемых в этой области специалистов, снятие систем защиты информации с компьютерных сетей приведет к разорению 20-25% средних компаний в течение нескольких часов, 30-40% средних и 10-15% крупных компаний потерпят крах через несколько дней, 30-40% банков лопнут за несколько часов, около половины банков – через считанные дни. Наиболее мощные и современные российские корпорации уже приняли собственные концепции информационной безопасности. Другие субъекты крупного, среднего и иной раз даже мелкого бизнеса, не оформляя собственную концепцию информационной безопасности отдельным документом, вынуждены уделять этой проблеме повышенное внимание, так как это равнозначно жизнеспособности этого предприятия или бизнес-структуры.

Важнейший ресурс современного общества – информация – одновременно несет в себе и огромную угрозу для него, связанную с внутренней спецификой этого ресурса. Простота и большое число различных способов доступа и модификации информации, значительное количество квалифицированных специалистов, широкое использование в общественном производстве специальных технических средств позволяют злоумышленнику практически в любой момент и в любом месте осуществлять действия, представляющие угрозу информационной безопасности, как в локальном, так и в глобальном масштабах. «Кто владеет информацией, тот владеет миром». Эта крылатая фраза становится все более актуальной. Сегодня к материальным, людским, финансовым ресурсам предприятий добавился ещё один ресурс – информационный [1,2,3,4,5, с.359,6,с.249].

Целостность, достоверность и доступность информации в наши дни стали важнейшими составными частями успеха любой организации. Под информацией нужно понимать: конфиденциальные данные на бумаге, находящиеся в кабинете на столе или в сейфе; цифровые данные, хранимые в компьютере, записанные на дискете или передаваемые по каналам связи; разговоры по телефону или просто в помещении. Доступ в помещение тоже является доступом к информации. В качестве информации могут выступать и деньги, драгоценности, ценные бумаги. Даже сами сотрудники являются объектом информации, иногда наиболее ценной. И все это необходимо защищать. Защищать комплексно. Еще одна особенность момента заключается в том, что бизнес во всем мире стремительно становится электронным, и это требует коренного изменения роли ИТ-подразделений, которые становятся производственным департаментом, непосредственно приносящим прибыль. Ведение

бизнеса в сети предполагает массовый доступ потребителей электронных услуг к Internet-приложениям, размещение которых в корпоративной сети может нанести ущерб безопасности ИТ-инфраструктуры предприятия в целом. Открытие доступа через межсетевой экран неизбежно создает потенциальную возможность для несанкционированного проникновения злоумышленников к ресурсам внутрикорпоративной сети.

Число попыток вторжений, в том числе и успешных, на серверы частных и государственных организаций постоянно увеличивается. Российский рынок обеспечения информационной безопасности стремительно растет, по данным некоторых исследований он удваивается ежегодно. Кроме этого, наблюдается серьезный рост интереса со стороны крупных государственных и частных структур. Вопросами безопасности сегодня озабочены и все основные игроки рынка информационных технологий. Современный бизнес требует решения все более сложных задач:

- хранение и защита от взломов и вирусов важной информации;
- поддержка клиентов в круглосуточном режиме;
- обеспечение доступа к информации сотрудников в любой момент и в любом месте;
- удобство управления всей информационной системой.

Все эти задачи могут быть успешно решены только в одном случае: если информационная система (ИС) обладает двумя важнейшими свойствами – надежностью и защищенностью. Управление безопасностью имеет много аспектов и только при комплексном подходе к решению этой задачи может быть создана действительно безопасная среда для функционирования ИС и всего предприятия. В число этих аспектов входит: обеспечение целостности, конфиденциальности и аутентичности информации; разграничение прав пользователей по доступу к ресурсам автоматизированной системы; защита автоматизированной системы и ее элементов от несанкционированного доступа; обеспечение юридической значимости электронных документов.

Разъяснения явной необходимости защиты информации в бизнес-структурах.

Угрозы безопасности информации в научно-классифицированном виде.

Возможные каналы утечки информации, представляющей коммерческую тайну.

Комплексное обследование (аудит) системы информационной безопасности организации. Необходимым атрибутом стабильного и успешного функционирования большинства государственных и частных структур является их собственная информационная безопасность. В зависимости от рода и характера деятельности предприятия, организации и т.д. необходимый уровень защищенности может варьировать в довольно широком диапазоне, однако для его достижения однозначно необходимо использование соответствующего комплекса специальных средств и мероприятий.

Сегодня профессиональная оценка уровня информационной защищен-

ности конкретного объекта (территории, здания, помещения, технического средства или их комплекса), его сопоставление с объективно необходимым уровнем, а в случае их несоответствия грамотный подбор оптимального комплекса средств и мероприятий по повышению информационной безопасности представляет собой непростую наукоемкую задачу, требующую от исполнителя не только глубоких предметных знаний и практического опыта, но где-то даже интуиции. Эта задача, с одной стороны, характеризуется откровенно высокой стоимостью процедуры анализа и оптимизации информационной защищенности, с другой стороны – значительной зависимостью конечного результата от субъективного фактора. Это, конечно же, явный отрицательный момент.

Специфика организации и построения системы информационной безопасности коммерческого предприятия Международные и отечественные стандарты информационной безопасности и их методическое обеспечение. Порядок организации и аспекты защиты корпоративных информационных сетей. Довольно интенсивное развитие современных информационных технологий ведет к тому, что автономные компьютеры и локальные сети постепенно объединяются в единую корпоративную сеть группы предприятий или отдельной организации. Помимо весомых преимуществ такого рода переход несет с собой и довольно специфичные проблемы, весьма характерные для корпоративных сетей. Сталкиваясь с этими проблемами приходится не только специалистам служб безопасности, но и сотрудникам управлений автоматизации. Основными причинами, приводящими к возникновению таких проблем, являются разнородность и сложность используемого современного аппаратного и программного обеспечения, большое количество узлов корпоративной сети, территориальная разбросанность этих узлов и отсутствие достаточного времени для текущего контроля всех настроек. Необходимость подключения корпоративной сети к интернет, и доступ внешних сторонних пользователей (в частности – клиентов и партнеров) в корпоративную сеть организации или группы компаний также отнюдь не способствует повышению уровня информационной безопасности, а скорей – способствует утечке информации.

Сегодня трудно найти сети, которые построены на основе одной базовой сетевой операционной системы. Довольно большое количество конфигурационных параметров используемого аппаратного и программного обеспечения затрудняет его эффективную настройку и снижает степень эксплуатационной безопасности. Узлы, объединенные в корпоративную сеть, зачастую разбросаны по разным регионам и территориям, а подключение корпоративной сети к интернет приводит к тому, что, часто предельно трудно определить границы сети и всех подключенных к этой сети пользователей. В таких условиях попытки несанкционированного доступа к защищаемой информации неизбежны.

Межсетевые экраны, или брандмауэры, применяющиеся в корпоративных сетях.

Средства защиты программного обеспечения и системы обнаружения атак.

Защита компьютерных сетей от вирусов, червей и троянских программ.

Обеспечение безопасности системы корпоративной электронной почты. У электронной почты есть многочисленные достоинства, однако именно из-за них возникают основные риски и сложности, связанные с использованием электронной почты в организации. Часто ее доступность превращается в существенный недостаток, если пользователи применяют электронную почту для рассылки спама. Бесконтрольность и легкость в использовании приводит к утечке информации (служебной, составляющей коммерческую тайну, а порой и секретной), возможность пересылки документов в различных форматах – к распространению вирусов. Любой из этих рисков в конечном итоге может привести к довольно серьезным негативным последствиям для организации. Это и снижение качества услуг корпоративных информационных систем, и потеря эффективности текущей работы, и возможное разглашение конфиденциальной служебной или коммерческой информации. Недостаточное внимание к этой серьезной и актуальной проблеме грозит вполне реальными и значительными потерями в бизнесе, а иногда – привлечением к юридической ответственности в связи с фактами нарушения действующего законодательства. Достоинство электронной почты превращается в угрозу, так как электронная почта представляет собой идеальную среду для внедрения и переноса различных опасных вложений: вредоносных программ, компьютерных вирусов, «троянских» программ. Если не обеспечен текущий грамотный контроль за использованием электронной почты на предприятии или в бизнес-структуре, последствия могут быть чрезвычайно тяжелы, а порой – непоправимы. От этого риска можно избавиться лишь путем блокировки электронных писем с опасными вложениями, а также обязательной антивирусной проверкой прикрепленных к письмам файлов.

Несанкционированный съем коммерческой, служебной и личной информации.

Обеспечение безопасности служебной информации при документообороте на предприятии. Практика производства показывает, что построить качественную комплексную систему информационной безопасности на предприятии, в организации или бизнес-структуре невозможно без твердой и последовательной реализации мер правового и организационного характера. Возможности несанкционированного доступа и использования сведений конфиденциального характера в значительной мере обуславливаются не технологическими и техническими аспектами, а действиями злоумышленного порядка, небрежностью, нерадивостью, а порой – халатностью персонала или пользователей.

В каждом конкретном случае действия и мероприятия организационного порядка носят специфическое для данного предприятия содержание и форму, направленные на надежное обеспечение безопасности служебной ин-

формации в разных условиях. Практика доказывает, что обеспечить информационную безопасность могут лишь профессионалы, которые владеют соответствующими специфическими знаниями и навыками. И действуют эти профессионалы в соответствии с тщательно продуманной программой по защите информации. Что касается правовых мер защиты информации, то они обладают рядом признаков, отличающих их от других видов защиты служебных и коммерческих данных: организационных, технических и физических. Юридические средства защиты не могут в буквальном смысле слова поймать за руку злоумышленника или оградить от него секреты предприятия, фирмы, организации.

Юридические средства призваны выполнять особые функции, которые позволяют им занимать особое положение в корпоративной системе обеспечения защиты информации. Во-первых, юридические меры выполняют определенную охранительную функцию. Они призваны формировать отношение лиц, участвующих в обороте информации, к правилам и нормам такого оборота: «За нарушение – наказание в соответствии с законом». Во-вторых – юридические меры выполняют компенсационную функцию: то есть в случае нанесения ущерба законному владельцу информации нарушитель привлекается к ответственности по закону и возмещает причиненный материальный и моральный ущерб.

Надо отметить, что именно правовые меры наиболее активно воздействуют на самые рискованные группы лиц, участвующих в информационном обороте, – сотрудников и контрагентов фирмы, доступ которых к служебным, конфиденциальным и секретным сведениям предусмотрен кругом их должностных обязанностей или договорными обязательствами.

Юридические средства защиты служебных данных в последнее время становятся все более и более действенными, в первую очередь потому, что российское законодательство уделяет внимание, правовому регулированию информационной безопасности, включая институт охраны коммерческой тайны. Введение правовых режимов защиты информации в организации или бизнес-структуре – это уже требование закона. В частности, для предприятия является обязательным наличие строгого правового режима защиты всех персональных данных сотрудников, защиты служебной профессиональной тайны, в том числе защиты конфиденциальной информации, полученной в результате осуществления совместной работы по договорам с другими фирмами.

Грамотно и своевременно организованный режим охраны коммерческой тайны позволяет возмещать ущерб от ее несанкционированного (незаконного) разглашения. Положение о средствах связи и коммуникаций позволяет организации осуществлять полноценное и относительно безопасное использование электронной почты, положение о мониторинге производственного процесса с помощью видеозаписей – устанавливать в офисных и производственных помещениях, а также на складах камеры наружного видеонаблюдения. Дисциплинирует персонал и памятка об ответственности за халатное или неправомерное обращение со служебной или коммерческой информацией.

Принятие правовых актов, которые разработаны и приняты на предприятии, могут весьма существенно снизить риски, связанные с безответственным или неправомерным обращением с информацией. Кроме того, они позволят снизить риски, которые возникают у организаций вследствие нарушения им (его сотрудниками) норм действующего российского законодательства, которые регулируют обращение с охраняемыми данными и сведениями.

Организационные меры по защите информации и работа с персоналом предприятия. Сотрудники отдела информационной безопасности – их подбор и профессиональная подготовка.

Все должностные лица (сотрудники) должны понимать, что в современном мире информация является одним из главных объектов устремлений как спецслужб государства, контролирующих и правоохранительных органов, так и злоумышленников, конкурентов. Утечка корпоративной служебной информации может привести к значительным убыткам, иногда – к потере бизнеса. Шпионаж (коммерческий в том числе) – одно из самых древних ремесел. За историю своего поступательного развития шпионаж обогатился весьма изощренными технологиями, методиками, наработками и превратился в сложную и специфичную науку, поскольку развивался, собирался, обрабатывался, хранился и поступательно, независимо от царящих в ту или иную эпоху общественно-экономических формаций.

В связи с бурным техническим прогрессом в последние годы особое развитие приобрело хищение информации с максимальным использованием прикладных научно-технических средств, в том числе компьютеров и соответствующего программного обеспечения. Противостоять такому серьезному врагу могут только специалисты, имеющие высочайшую квалификацию в области защиты информации, причем только те специалисты, которые непрерывно совершенствуются и постоянно повышают уровень своей подготовки.

Угрозы безопасности информации меняются во времени, модифицируются в зависимости от обстоятельств и задач, следовательно, необходимо менять и обновлять средства защиты. Если предприятие находится в информационной безопасности в день сегодняшний, отнюдь не значит, что оно будет в безопасности в ближайшем (не говоря уже о далеком) будущем. В постоянной борьбе зла с добром зло всегда на шаг впереди. В непрерывной борьбе вируса с антивирусом вирус всегда впереди хотя бы на полшага. В таких условиях задача специалистов по корпоративной информационной безопасности предпринять все от них зависящее, чтобы полшага эти были как можно короче и преодолевались молниеносно.

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 публи-

- кация в СМИ: «Российская газета», № 254, 11.11.2011 «Собрание законодательства РФ», 14.11.2011. № 46. ст. 6584.
2. ФГОС ВПО по направлению подготовки 090900 Информационная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр») Приказ Минобрнауки РФ от 28 октября 2009 г. № 496.
 3. 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.
 4. Соляной В.Н., Сухотерин А.И. Взаимодействие человека, техники и природы: проблема информационной безопасности // Вопросы региональной экономики. № 5 (05) г. Королев. ФТА. 2010г.
 5. Соляной В.Н., Сухотерин А.И. Практика применения инновационного научно-образовательного комплекса по подготовке бакалавров и магистров в области информационной безопасности // Научно-практический журнал № 25, том 1 2015г. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ УГРОЗАМ ТЕРРОРИЗМА. Материалы XIX ПЛЕНУМА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ПО ОБРАЗОВАНИЮ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «ОПЫТ И ПЕРЕДОВЫЕ ПРАКТИКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОЙ БАЗЫ» г. Таганрог. РОСТ. ОБЛ.: Изд-во ЮЖН. ФЕД.УНИВ. 2015. 416 с. (с. 359-367) ISSN 2219-8792.
 6. Соляной В.Н., Сухотерин А.И. Модульно-ориентированный подход формирования базовых дисциплин ФОС 3+ как основа реализации профессиональной подготовки бакалавров в области информационной безопасности // Научно-практический журнал № 25, том 2 2015г. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ УГРОЗАМ ТЕРРОРИЗМА. Материалы XIX ПЛЕНУМА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ПО ОБРАЗОВАНИЮ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ «УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ» г. Таганрог. РОСТ. ОБЛ.: Изд-во ЮЖН. ФЕД.УНИВ. 2015. 330 с. (с.249- 255) ISSN 2219-8792.

УДК 537.634:620.263

Изменение свойств немагнитных жидкостей в переменном магнитном поле

К.В. Щурин, доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Техника и технологии»,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет», г. Королев, Московская область,
И.Г. Панин, директор «КБ Химмаш им. А.М. Исаева – филиала ФГУП
«ГНКПЦ им. М.В. Хруничева», г. Королев, Московская область

Приведен обзор немагнитных жидкостей и методы их активации внешними малоэнергетическими воздействиями. Рассмотрены физические основы магнитной активации топлив с целью изменений их молекулярных и надмолекулярных структур. Представлена новая конструкция магнитного активатора жидких сред с высоким показателем использования рабочего объема. Приведены данные сравнительных испытаний топлив ДВС, в результате которых зафиксировано существенное повышение их энергетических и экологических показателей после магнитной активации топлива. Рассмотрены предпосылки применения магнитной активации топлив ЖРД.

Диамagnetики, парамагнетики, магнитная активация топлива, молекулярная структура, энергетические показатели.

To change the properties of magnetic fluids in an alternating magnetic field

K.V. Shchurin, doctor of technical sciences, Professor,
the head of «Technology»,
State Educational Institution of Higher Education
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,
I.G. Panin, Director of «KB Himmash them. A.M. Isaev – branch of federal state
unitary enterprise «GNKPC them. M.V. Khrunichev», Korolev, Moscow region

Provides an overview of magnetic fluids and their external activation methods weak energy impacts. Considered the physical basis of magnetic fuel activation with a view to change their molecular and nadmolekuljarnyh structures. A new design of magnetic liquid Activator Wednesday with a high rate of utilization of capacity. Shows comparative testing fuels combustion engine, resulting in significant increase recorded their energy and environmental performance after magnetic fuel activation. Considered a prerequisite applying magnetic rocket fuels activation.

Diamagnetism, paramagnetism, magnetic fuel activation, molecular structure, ener-

gy indicators.

В рамках современного технологического уклада одним из основных направлений развития технических систем является снижение энтропии их подсистем, осуществляющих преобразования энергии на пути к рабочему органу. Необходимо констатировать, что в этой области достигнуты результаты, близкие к максимально ожидаемым. Например, к.п.д. двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за предшествующие 20-25 лет увеличился более чем в 1,5 раза и приблизился к 50%, что в первую очередь связано с развитием электронных управляющих систем и, естественно, с постоянным ужесточением требований к качеству материалов, изготовления деталей и узлов и процессов сборки. В настоящее время прогнозирование дальнейших высоких темпов повышения энергоэффективности тепловых двигателей для их сложившихся рабочих процессов представляется маловероятным.

В этой связи в последние годы усилился интерес к применению внешних малоэнергетических воздействий, позволяющих повысить степень использования внутренних энергетических резервов веществ, прежде всего энергоносителей, путем изменения их структуры. Для этого применяют электрические, электромагнитные, магнитные, вибрационные, акустические и другие воздействия и их комбинации [1-3]. В результате таких воздействий достигаются эффекты, способствующие необходимым изменениям степени упорядоченности во внутримолекулярной и надмолекулярной структуре веществ.

Среди перечисленных методов одним из приоритетных является магнитная или электромагнитная обработка, и простота этой процедуры стимулировала проведение экспериментальных работ на широком круге объектов [2-5]. Магнитная обработка воды применялась уже в первые десятилетия двадцатого века для предотвращения образования накипи на нагревательных элементах паровых машин путём воздействия на процесс образования кристаллов в пересыщенных растворах. В последующие годы магнитная обработка применялась не только для водных растворов, но и для нефти, моторных топлив, растворов полимеров, цементных и буровых растворов, семян растений и др. Магнитная обработка нашла применение в медицине для улучшения состояния кровеносных сосудов, очистки крови от отравляющих веществ, предупреждения образования тромбов и понижения кровяного давления.

В настоящей работе нами рассмотрен процесс повышения энергетической эффективности жидких топлив путём их магнитной активации. В авиации магнитная обработка впервые была применена во время Второй мировой войны в Германии: такой обработке подвергали выхлопные газы двигателей самолетов «Мессершмидт» для уменьшения заметности, скрывая таким образом их конденсационный след от зенитной артиллерии. Тогда же было замечено, что при магнитной обработке топлива мощность двигателей возрастала при неизменном расходе топлива.

По окончании Второй мировой войны инновация оказалась в США и

около 30 лет была не востребованной. Но в 70-х годах XX века резкий рост цен на нефть стимулировал использование метода магнитной обработки топлива, и его начали использовать в военной авиации, первой была фирма «Макдоннелл-Дуглас». Через некоторое время магнитную активацию топлива стали применять и в гражданской авиации США для экономии топлива и снижения экологического ущерба окружающей среде.

Несмотря на постоянно возрастающий уровень использования методов магнитной обработки, до сих пор не имеется надёжной теории – инструмента для количественной оценки процессов магнитной активации немагнитных веществ. В то же время качественный анализ таких процессов, приведенный, например, в известных «Фейнмановских лекциях по физике» [6], позволяет сделать ряд значимых обобщений, на основе которых становится возможной практическая реализация конструкций аппаратов для магнитной активации топлив.

Атомы многих веществ, в том числе атомы молекул жидких топлив, не имеют постоянных магнитных моментов. Внутри каждого атома магнитные моменты, формируемые спиновыми и орбитальными моментами электронов, уравновешены таким образом, что суммарный магнитный момент является нулевым.

Но, если при этом включить внешнее магнитное поле, то внутри атома в соответствии с законом индукции Ленца генерируются слабые дополнительные токи, которые направляют наведенный магнитный момент атома противоположно внешнему магнитному полю, и суммарное магнитное поле ослабляется. Это механизм диамагнетизма, и такие вещества называют диамагнетиками. Магнитная проницаемость диамагнетиков меньше 1.

Существуют и другой класс веществ, атомы которых обладают ненулевым магнитным моментом, и их электронные спины и орбиты имеют ненулевой полный циркулирующий ток. У таких неферромагнитных веществ на фоне постоянно присутствующего диамагнитного эффекта возможна ориентация индивидуальных атомных моментов в направлении внешнего магнитного поля. Наведенный магнетизм суммируется с внешним, усиливая общее магнитное поле. Такие вещества называют парамагнитными или парамагнетиками. Магнитная проницаемость парамагнетиков незначительно превышает 1.

Явление парамагнетизма проявляется весьма слабо, поскольку выстраивающие силы относительно малы по сравнению с силами теплового движения, которые стараются разрушить упорядочивание. Отсюда следует, что парамагнетизм весьма чувствителен к температуре. При низких температурах степень упорядоченности проявляется в большей степени. У любого вещества с выстроенными магнитными моментами есть как диамагнитный, так и парамагнитный эффекты, причем парамагнитный эффект обычно доминирует.

В шестидесятые годы прошлого века был обнаружен эффект изменения констант скоростей бимолекулярных реакций между частицами с ненулевыми электронными спинами – радикалами, триплетными молекулами. При

наложении магнитных полей напряженностью уже в несколько десятков эрстед наблюдались существенные изменения скоростей реакций, протекающих в органических и водных растворах. Было установлено, что этот эффект обусловлен особенностями динамики столкновений молекул и влиянием магнитного поля на взаимную корреляцию спиновых составляющих волновых функций реагирующих частиц. Однако детальный анализ показал, что в рамках представлений о действии магнитного поля на бимолекулярные реакции механизм магнитной обработки не находит исчерпывающего объяснения, поскольку эффекты изменения скоростей реакций под действием магнитных полей прекращаются сразу после снятия воздействия и не сопровождаются «памятью» о магнитной обработке.

В настоящее время исследование изменений энергетического потенциала жидких сред, прошедших магнитную обработку, осуществляется косвенными методами на основе анализа изменений их физико-химических свойств: диэлектрической проницаемости, электропроводности, магнитной восприимчивости, коэффициента преломления, плотности, вязкости, поверхностного натяжения, скорости испарения, смачиваемости, ИК-спектров и других свойств [4, 5].

Изменения после магнитной обработки таких свойств жидкостей, как вязкости, поверхностного натяжения, скорости испарения, смачиваемости, которые по существу являются единичными показателями одного интегрального параметра – вязкости, существенно изменяют условия горения топлива в двигателях, в значительной степени определяют энергетические, экологические и, в конечном итоге, – технико-экономические характеристики двигателей. Кроме того, изменение инфракрасных спектров указывает на изменение энергетики молекул жидкости, что сказывается на теплотворной способности топлива.

Топливо – вещество или смесь веществ, способное к экзотермическим химическим реакциям с внешним или содержащимся в самом топливе окислителем, применяемое для выделения энергии, изначально тепловой. Для расчета обычно применяется низшая теплотворная способность Q_n топлива, которая учитывает тепловые потери, связанные с образованием паров воды. Для жидких топлив величина Q_n (МДж/кг) определяется по эмпирической формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_n = 0.339[C] + 1.256[H] + 0.109[S] - 0.109[O] - 0.025[W], \quad (1)$$

где в скобках указано процентное массовое содержание соответствующих элементов и влаги W в составе топлива; 0,339, 1,256, 0,109 – теплоты сгорания, необходимые для сжигания 1% соответствующего элемента.

Важным моментом при анализе теплотворной способности топлива, определяемой по формуле (1), является необходимость учёта того, что эта формула справедлива только при условии свободного доступа окислителя ко всем молекулам горючего. В реальной практике мы имеем дело с иной ситуацией.

Компоненты топлива имеют различные физические и химические свойства. Отличительной особенностью всех компонентов в составе топливной смеси, является неполярность молекул. Между ними возникает притяжение и образуются устойчивые системы-кластеры, состоящие из большого числа молекул (рисунок 1).

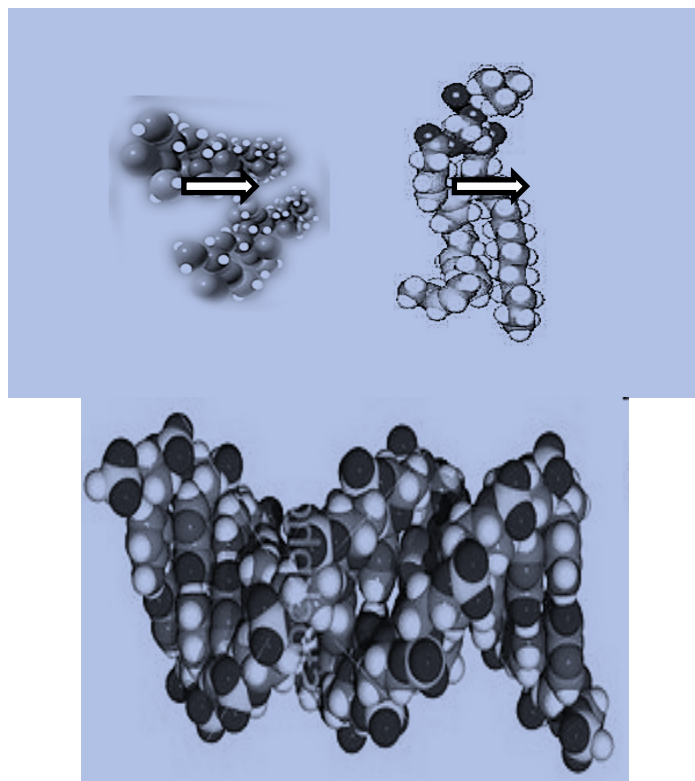


Рисунок 1 – Схема образования молекулярных кластеров

Образованию молекулярных кластеров способствуют многие факторы, например, длительность хранения топлива в баках. В результате молекулярные кластеры не могут сгореть полностью, поскольку весьма значительная часть молекул в момент воспламенения находится в недостижимой для окислителя зоне. И, по существу, главной задачей повышения энергетической эффективности – теплотворной способности топлива – является дробление молекулярных кластеров до выделения отдельных молекул и, в идеале, их атомов.

Рассмотрим, как воздействует магнитная обработка на свойства углеводородных топлив. В момент пересечения магнитных силовых линий при движении топлива у него изменяется структура и многие свойства: снижаются силы поверхностного натяжения, увеличивается растворимость кислорода в топливе, возрастает ядерная поляризация (особенно водорода), изменяются

константы скорости химической реакции горения (скорость горения увеличивается), уменьшается оптическая плотность и диэлектрическая проницаемость, увеличивается магнитная восприимчивость топлива. Установлено, что увеличивается способность кислорода к реакциям; при этом повышенная способность к реакциям сохраняется 1-1,5 ч, далее, после снятия магнитного поля, она снижается до прежнего уровня.

Магнитное поле (МП) снимает электростатический заряд с молекул топлива, которое они получили при прокачивании по трубопроводам. При воздействии МП (с необходимыми напряжённостью и величиной магнитного потока) на углеводородные топлива происходит поляризация топлива с одновременной ориентацией хаотично движущихся его частиц. При этом происходит снятие статических зарядов топлива, разрушаются молекулярные связи между частичками топлива.

Частички топлива получают дополнительный положительный заряд (рисунок 2).

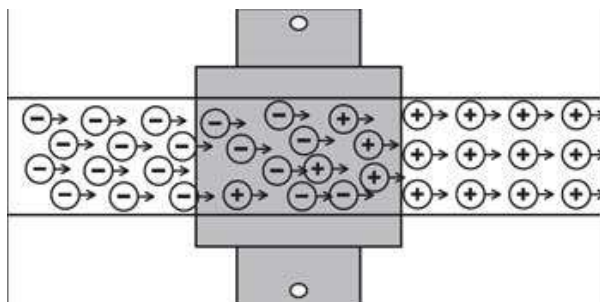


Рисунок 2 – Схема активации топлива в постоянном магнитном поле

Известно, что кислород воздуха имеет отрицательный заряд. Разноимённость зарядов топлива и кислорода интенсифицирует процесс их взаимодействия. В результате этого ускоряются реакции окисления топливовоздушной смеси, т.е. горения топлива.

Под действием магнитного поля снижаются силы молекулярного притяжения или, как их чаще называют, силы поверхностного натяжения жидкости. Это облегчает испаряемость, диспергирование топлива, что приводит к лучшему распылению его в камере сгорания.

Воздействие на движущиеся молекулы и молекулярные кластеры переменного магнитного поля (рисунок 3) приводит к существенному повышению скорости процесса их поляризации.

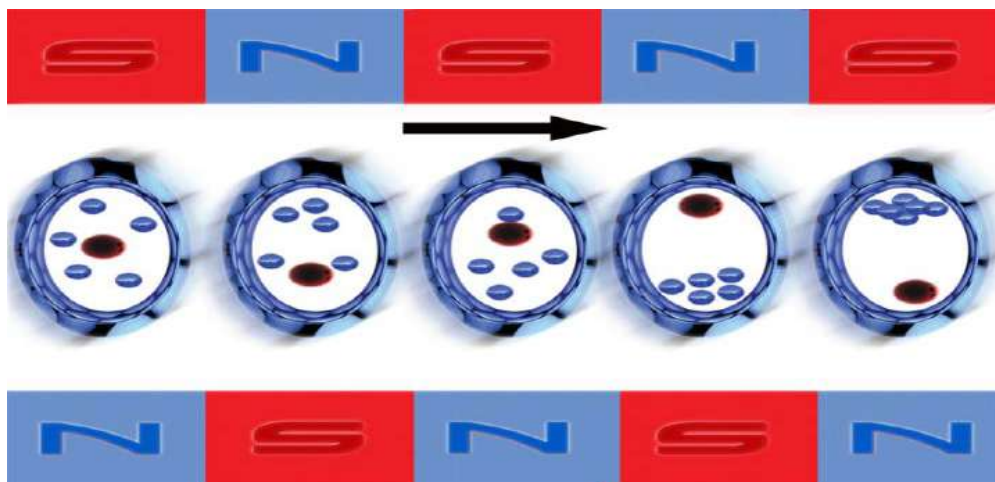


Рисунок 3 – Схема активации молекул при движении в переменном магнитном поле

При прохождении молекулы через магнитные поля активатора электроны и ядро начинают совершать колебательные движения, что приводит к разрыву межмолекулярных связей в кластерах. Полимерные цепочки органического топлива разрываются, при этом образуется большое количество активных сторон молекул, которые вступают в процесс окисления одновременно и значительно быстрее.

При воздействии полей определённой напряжённости в топливе, как жидком так и газообразном, возникают различные радикалы: жидкая фаза частично преобразуется в газообразную, выделяется свободный водород, из метана образуется метил, из этана – этил, из бутана – бутил и т.д. Свободные радикалы – это сравнительно устойчивые осколки органических соединений, в которых отсутствует один атом водорода, т.е. радикалы имеют отрицательный электрический заряд. Радикалы малого молекулярного веса – менее устойчивы. Изменения внутримолекулярной структуры рассмотрены на примере бензина (рисунок 4). Последовательное повышение напряжённости магнитного поля имеет своим откликом повышение теплоты и полноты сгорания и, в конечном итоге, способствует улучшению энергетических и экологических показателей тепловых двигателей.

Исходная молекула Теплота сгорания ΔQ (кДж/моль)	Состав фракций после активации	Суммарная теплота сгорания преобразованного топлива ΔQ (кДж/моль)
C_8H_{18} $\Delta Q = 5470$	$C_2H_2 + 2C_2H_4$ C_2H_4	$\Delta Q = 5607$ $\Delta = 7 \%$
	C_2H_2 $2C_2H_4$ $2CH_4$	$\Delta Q = 5900$ $\Delta = 15 \%$
	C_2H_2 $0,5C_2H_4$ $2C_2H_2$ $3CH_4$	$\Delta Q = 5975$ $\Delta = 18 \%$
	$2C_2H_2$ $0,5C_2H_4$ $3CH_4$ $2C_2H_4$ $2H$ $0,5C_2H_3$ $0,5H$ $3CH_3$ $3H$	$\Delta Q = 8387$ $\Delta = 28 \%$

Рисунок 4 – Основные преобразования молекул бензина в магнитном поле различной напряжённости

В устройствах, для обработки диамагнитных и парамагнитных жидкостей и газов применяют магниты, изготовленные из сплава Nd-Fe-B (неодим-железо-бор) – новое поколение редкоземельных постоянных магнитов, которые имеют существенно более высокие значения остаточной магнитной индукции, коэрцитивной силы и энергии. Неодимовые магниты изготавливают по технологии порошковой металлургии в условиях вакуума или в среде инертных газов. Наряду с бесспорными преимуществами такие магниты имеют и эксплуатационные недостатки, среди которых в первую очередь необходимо отметить:

- низкая коррозионная стойкость, поэтому для увеличения долговечности их покрывают медью, никелем, цинком и в отдельных случаях золотом;
- склонность к размагничиванию при повышенных температурах, поэтому не рекомендуется их применение при температурах выше $80^{\circ}C$.

Работу аппаратов для магнитной активации определяют в основном четыре параметра: напряженность магнитного поля (МП); время пребывания топлива в МП; скорость прохождения потока; градиент напряженности МП.

До настоящего времени нет единого мнения об оптимальных значениях этих параметров в зависимости от отдельных нормируемых показателей рабочих процессов двигателей. В каждом конкретном случае выбирается наиболее значимый выходной параметр и на его основе устанавливаются необходимые рабочие режимы магнитной обработки топлива. При этом скорость потока и время пребывания топлива в МП обусловлены конструкцией аппарата и не могут изменяться произвольно. Из этого следует, что для обеспечения эффективного рабочего режима остается только возможность регулирования напряженности магнитного поля, которая чаще всего реализуется эмпирически.

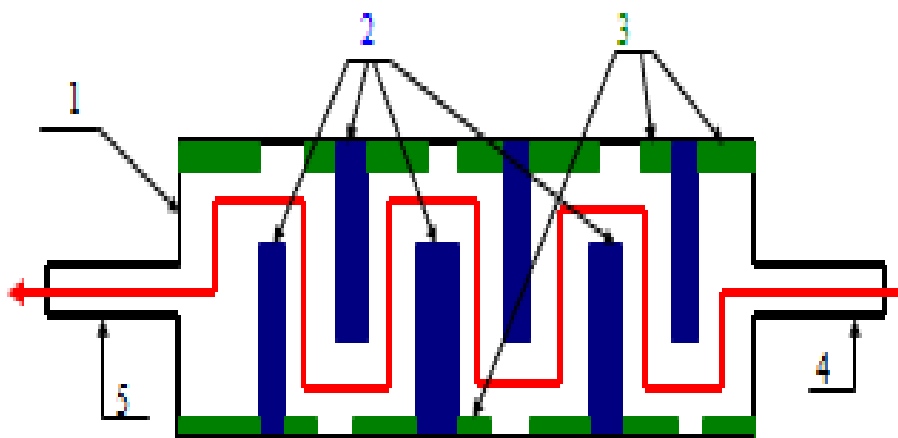
Таким образом, главным недостатком аппаратов для магнитной обработки жидкостей является необходимость достаточно острой настройки их рабочих режимов – определение точного набора комбинаций рабочих параметров. Отсюда сильная зависимость эффективности магнитной активации от изменения рабочих режимов магистрали, на которой установлен аппарат, в частности, от скорости протекания жидкости в рабочих зазорах. Это снижает эффективность магнитной активации в топливных магистралях, где поток обрабатываемой жидкости не стационарен во времени.

Другим недостатком существующих конструкций является низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО) аппарата, равный отношению рабочих зазоров (их длины), в которых и происходит омагничивание, к общей длине рабочей части аппарата. КИРО известных аппаратов не превышает 75-80 %. При скорости протекания топлива 0,5-1,0 м/с экспозиция в магнитном зазоре не превышает 0,2 с.

Широкому внедрению магнитной обработки топлив в значительной степени препятствует и отсутствие надежных встроенных средств контроля эффективности омагничивания. Критериями оценки достигаемого эффекта чаще всего служат изменение мощности двигателя, его экономичности, устойчивости работы, изменение процентного содержания токсичных компонентов в отработавших газах. Однако эти методики абсолютно непригодны для оперативного контроля и выбора рационального режима магнитной обработки топлива в процессе рабочей эксплуатации двигателя.

С целью нивелирования названных недостатков с участием авторов разработана и запатентована конструкция автономного магнитного активатора топлива (рисунок 5), не требующего внешних источников питания и контроля рабочих режимов, легко монтируемого на рабочих топливных магистралях [7].

Магнитный активатор содержит неферромагнитный герметичный корпус 1, внутри которого смонтированы концентраторы магнитных силовых линий 2, выполненные в виде ферромагнитных дисков, наружный контур которых совпадает с внутренним контуром корпуса. Пакет дисков смонтирован таким образом, чтобы поток обрабатываемой жидкости двигался в оптимальных по напряженности магнитных полях зигзагообразно по отношению к продольной оси, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к 90° , и находился под воздействием магнитного поля возможно больший промежуток времени.



1 – неферромагнитный корпус; 2 – концентратор силовых линий, выполненный из ферромагнитных пластин; 3 – регулировочные неферромагнитные прокладки, задающие расстояние между пластинами концентратора; 4 – подводящий патрубок; 5 – отводящий патрубок

Рисунок 5 – Схема магнитного активатора топлива

Для увеличения времени воздействия магнитного поля, конструкцией магнитного активатора предусмотрено зигзагообразное движение обрабатываемой жидкости по отношению к его продольной оси, что позволяет удлинить путь активируемого вещества в магнитном поле.

Принципиальное отличие предложенного активатора от аналогов заключается в том, что омагничивание происходит не в ограниченных локальных объемах (рабочих зазорах), а на всем пути следования жидкости; при этом пересечение магнитных силовых линий происходит под углом, незначительно отличающимся от 90° , что является ключевым фактором достижения максимального эффекта магнитной активации. Длина пути следования жидкости в зависимости от количества магнитных дисков активатора становится в несколько раз больше продольного размера самого активатора. Это позволяет существенно увеличить КИРО и времени экспозиции обрабатываемой жидкости в магнитном поле. Так, в случае выполнения концентратора из 8-15 дисков, КИРО будет равен соответственно 2,7-4,8. Учитывая, что в существующих конструкциях аппаратов он не превышает значения 0,25, КИРО предлагаемого активатора в 10-19 раз больше. Время экспозиции жидкости в магнитном поле при скорости её движения в рабочей магистрали 0,2-0,5 м/с в этом активаторе составляет 1,2-2,5 с, что в 10-12 раз превышает соответствующие показатели аналогов.

С использованием представленной конструкции магнитного активатора топлива проведены сравнительные стендовые испытания ДВС грузовых и легковых автомобилей. Испытания проводились в условиях наличия и отсутствия магнитного активатора при прочих равных условиях. В процессе испы-

таний определяли характеристики: крутящий момент на валу, мощность двигателя, а так же количество загрязняющих компонентов в выхлопных газах – оксида углерода (СО, %) и углеводородов (СН, ppm). Результаты испытаний, приведенные в работах [8], показывают позитивные изменения энергетических и экологических показателей:

- увеличение мощности двигателя достигает 8,9%;
- увеличение крутящего момента на валу достигает 10, 6%;
- относительное снижение выбросов оксида углерода (СО) – 14, 6%;
- относительное снижение выбросов углеводородов (СН) – 22, 7%.

Принимая во внимание имеющиеся резервы в совершенствовании представленного метода, обусловленные перспективами развития конструкции магнитного активатора топлива, становится возможным планировать ещё более значительные результаты.

Магнитная обработка топлива авиационных и ракетных ЖРД, несомненно, является перспективным направлением повышения их энергетических показателей; при этом конструктивные подходы к созданию магнитных активаторов, связанные с особенностями ЖРД, требуют корректирования методов, изложенных в настоящей работе.

Литература

1. Лаптев Б.И., Горленко Н.П., Дунаевский Г.Е., Сидоренко Г.Н. Реализация информационных воздействий в неживых и живых системах // Томск: Изд. ТГУ. 1999. 107с.
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем // М.: Химия. 1982. 296 с.
3. Лоскутова Ю.В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефтей: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13 // Томск. 2003. 138 с. РГБ ОД, 61:04-2/441.
4. Манаков Н.А., Щурин К.В., Цветкова Е.В. Улучшение эксплуатационных показателей автомобильных двигателей в результате магнитной активации топлива // Естественные и технические науки. № 2. 2012. С. 484-486. ISSN: 16842626.
5. Щурин К.В., Цветкова Е.В. Изменение физико-химических свойств жидких сред методом омагничивания // Вестник Оренбургского государственного университета. № 10 (129) / октябрь. 2011. С. 199-204.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Выпуск 7. Физика сплошных сред. Перевод Я. Смородинский, А. Ефремов, Ю. Симонов. // М.: Изд. «Либроком Едиториал УРСС». 2013. 288 с. ISBN 978-5-397-03635-1, 978-5-453-00039-5.
7. Патент 2411190 РФ, МПК G 02 F 1/48. Магнитный активатор жидких сред / Помазкин В.А., Щурин К.В., Цветкова Е.В. // Оpubл. 10.02.2011. Бюл. № 4. – 2 с.
8. Щурин К.В., Цветкова Е.В. Использование магнитного активатора топлива для улучшения энергетических и экологических показателей ДВС // «Гру-

зовик. Транспортный комплекс. Спецтехника». № 9. 2011. С. 27-32. ISSN:
1684-1298.