



Ежемесячный научный журнал Том 1 №88 / 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Чукмаев Александр Иванович

<https://orcid.org/0000-0002-4271-0305>

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права. Астана, Казахстан

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и

безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Садовская Валентина Степановна

AuthorID: 427133

Доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник культуры РФ, академик Международной академии Высшей школы, почетный профессор Европейского Института PR (Париж), член Европейского издательского и экспертного совета IEERP.

Ремизов Вячеслав Александрович

AuthorID: 560445

Доктор культурологии, кандидат философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной Академии информатизации, член Союза писателей РФ, лауреат государственной литературной премии им. Мамина-Сибиряка.

Измайлова Марина Алексеевна

AuthorID: 330964

Доктор экономических наук, профессор Департамента корпоративных финансов и корпоративного управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Гайдар Карина Марленовна

AuthorID: 293512

Доктор психологических наук, доцент. Член Российского психологического общества.

Слободчиков Илья Михайлович

AuthorID: 573434

Профессор, доктор психологических наук, кандидат педагогических наук. Член-корреспондент Российской академии естественных наук.

Подольская Татьяна Афанасьевна

AuthorID: 410791

Профессор факультета психологии Гуманитарно-прогностического института. Доктор психологических наук. Профессор.

Пряжникова Елена Юрьевна

AuthorID: 416259

Преподаватель, профессор кафедры теории и практика управления факультета государственного и муниципального управления, профессор кафедры психологии и педагогики дистанционного обучения факультета дистанционного обучения ФБОУ ВО МГППУ

Набойченко Евгения Сергеевна

AuthorID: 391572

Доктор психологических наук, кандидат педагогических наук, профессор. Главный внештатный специалист по медицинской психологии Министерства здравоохранения Свердловской области.

Козлова Наталья Владимировна

AuthorID: 193376

Профессор на кафедре гражданского права юридического факультета МГУ

Крушельницкая Ольга Борисовна

AuthorID: 357563

кандидат психологических наук, доцент, заведующая кафедрой теоретических основ социальной психологии. Московский государственный областной университет.

Артамонова Алла Анатольевна

AuthorID: 681244

кандидат психологических наук, Российский государственный социальный университет, филиал Российского государственного социального университета в г. Тольятти.

Таранова Ольга Владимировна

AuthorID: 1065577

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральский гуманитарный институт, Департамент гуманитарного образования студентов инженерно-технических направлений, Кафедра управление персоналом и психологии (Екатеринбург)

Ряшина Вера Викторовна

AuthorID: 425693

Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, лаборатория профессионального развития педагогов (Москва)

Гусова Альбина Дударбековна

AuthorID: 596021

Заведующая кафедрой психологии. Доцент кафедры психологии, кандидат психологических наук Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, психолого-педагогический факультет (Владикавказ).

Минаев Валерий Владимирович

AuthorID: 493205

Российский государственный гуманитарный университет, кафедра мировой политики и международных отношений (общеевропейская) (Москва), доктор экономических наук

Попков Сергей Юрьевич

AuthorID: 750081

Всероссийский научно-исследовательский институт труда, Научно-исследовательский институт труда и социального страхования (Москва), доктор экономических наук

Тимофеев Станислав Владимирович

AuthorID: 450767

Российский государственный гуманитарный университет, юридический факультет, кафедра финансового права (Москва), доктор юридических наук

Васильев Кирилл Андреевич

AuthorID: 1095059

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук

Солянкина Любовь Николаевна

AuthorID: 652471

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), кандидат экономических наук

Карпенко Юрий Дмитриевич

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория эколого-гигиенической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

Малаховский Владимир Владимирович

AuthorID: 666188

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Факультеты, Факультет послевузовского профессионального образования врачей, кафедра нелекарственных методов терапии и клинической физиологии (Москва), доктор медицинских наук.

Ильясов Олег Рашитович

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

Косс Виктор Викторович

AuthorID: 563195

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, НИИ спортивной медицины (Москва), кандидат медицинских наук.

Калинина Марина Анатольевна

AuthorID: 666558

Научный центр психического здоровья, Отдел по изучению психической патологии раннего детского возраста (Москва), кандидат медицинских наук.

Сырочкина Мария Александровна

AuthorID: 772151

Пфайзер, вакцины медицинский отдел (Екатеринбург), кандидат медицинских наук

Шукшина Людмила Викторовна

AuthorID: 484309

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Головной вуз: РЭУ им. Г.В. Плеханова, Центр гуманитарной подготовки, Кафедра психологии (Москва), доктор философских наук

Оленев Святослав Михайлович

AuthorID: 400037

Московская государственная академия хореографии, кафедра гуманитарных, социально-экономических дисциплин и

менеджмента исполнительских искусств (Москва), доктор философских наук.

Терентий Ливиу Михайлович

AuthorID: 449829

Московская международная академия, ректорат (Москва), доктор филологических наук

Шкаренков Павел Петрович

AuthorID: 482473

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), доктор исторических наук

Шалагина Елена Владимировна

AuthorID: 476878

Уральский государственный педагогический университет, кафедра теоретической и прикладной социологии (Екатеринбург), кандидат социологических наук

Франц Светлана Викторовна

AuthorID: 462855

Московская государственная академия хореографии, научно-методический отдел (Москва), кандидат философских наук

Франц Валерия Андреевна

AuthorID: 767545

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт государственного управления и предпринимательства (Екатеринбург), кандидат философских наук

Глазунов Николай Геннадьевич

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

Романова Илона Евгеньевна

AuthorID: 422218

Гуманитарный университет, факультет социальной психологии (Екатеринбург), кандидат философских наук

Ответственный редактор
Чукмаев Александр Иванович
Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая,
д. 44, к. 1, литера А

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель ООО «Логика+»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белоконь О.С., Яковенко Е.Г.
ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ..... 6

Калушин А.А.
К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК
ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУЗООТПРАВИТЕЛЯМИ 10

Рысин А.В., Бойкачев В.Н., Наянов А.М.
СПОСОБ КОНСТРУКТИВНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ АНТЕНН АФАР ДЛЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ (КА) НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ
СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ (НССС) ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МАССА
– ГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК. 14

Рябинина Н.В., Шайдурова Г.И.
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО ВЫСОКОКРЕМНЕЗЁМИСТОГО НЕТОКСИЧНОГО
МАТЕРИАЛА РАСШИРЕННОГО СПЕКТРА НАЗНАЧЕНИЯ 39

Саушин И.И.
УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ БРЫЗГ ПРИ УДАРЕ КАПЛИ О ЖИДКОСТЬ С ЖИДКОЙ ПЛЕНКОЙ ... 43

Суздальский Д.А., Микрюков А.А.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ 47

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Неволин В.Г.
ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ВЗРЫВНЫМ ИМПУЛЬСОМ 53

Новиков М.Д.
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ..... 56

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 00.007.65.01

ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Белоконь О.С.

*Инженерно-технический институт ГОУ
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»
Молдова, 3300, г. Тирасполь, ул. Восстания, 2а*

Яковенко Е.Г.

*Инженерно-технический институт ГОУ
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»
Молдова, 3300, г. Тирасполь, ул. Восстания, 2а*

INNOVATIONS IN EDUCATION

O.S. Belokon

*Engineering and Technical Institute of the State Educational Establishment
"Pridnestrovian State University named after. T.G. Shevchenko"
Moldova, 3300, Tiraspol, st. Vosstaniya, 2a*

E.G. Yakovenko

*Engineering and Technical Institute of the State Educational Establishment
"Pridnestrovian State University named after. T.G. Shevchenko"
Moldova, 3300, Tiraspol, st. Vosstaniya, 2a*

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.725

АННОТАЦИЯ

В данной статье акцентировано внимание на необходимость внедрения в образовательный процесс современных технологий.

Важным аспектом современных технологий является применение в учебном процессе «дистанционного обучения». Отражены положительные аспекты применения информационно-коммуникационных технологий в сфере образования. В статье отражены возможности, вытекающие при применении дистанционного формата обучения в современном образовательном процессе.

ABSTRACT

This article focuses on the need to introduce modern technologies into the educational process. An important aspect of modern technologies is the use of "distance learning" in the educational process, the positive aspects of the use of information and communication technologies in the field of education are reflected. The article reflects the possibilities arising from the use of distance learning in the modern educational process.

Ключевые слова: образование, «дистанционное обучение», задачи, возможности, эффективность, инновация

Keywords: education, "distance learning", tasks, opportunities, efficiency, innovation

Введение. Образование является неотъемлемым элементом современного мира, это один из главных жизненных процессов, в течении которого человек не только получает новые знания и умения, но и познает культурную составляющую общества вместе с её ценностями.

В силу быстрого развития науки, технологий и культуры, объем важных материалов для изучения растет с невероятной скоростью, что мотивирует человека на усовершенствование традиционной формы обучения. Для этого в современном мире, наряду со стандартными формами образовательного процесса, всё чаще стали применяться современные технологии.

Электронное обучение обеспечивает невысокую стоимость реализации и удобство, а также позволяет адаптировать курс под индивидуальные потребности слушателей и предлагать персонализированную практику. Электронное обучение, применяемое в качестве

самостоятельного решения или в сочетании с другими методами, обладает огромным потенциалом, но, как и все формы обучения, оно эффективно только тогда, когда ориентируется на реальные потребности и проектируется для их удовлетворения.

Во многих муниципальных образовательных учреждениях и частных школах реформируют образовательный процесс под современные потребности. Так, многочисленное число школ перешли на электронные журналы, ведение урока с применением интернет-технологий.

Применение информационно-коммуникационных технологий в сфере образования имеет множество положительных аспектов. Одним из них является уменьшение времени на обработку информации, а также повышение качества контроля и анализа материалов.

К положительным моментам также стоит отнести возможность быстрой систематизации документов и материалов, что значительно облегчает к ним доступ и даёт возможность сократить расход временного ресурса. Безбумажные технологии отличаются не только своей эффективностью и простотой использования, но и экологичностью по сравнению со стандартными методами образовательного процесса.

Информационно-коммуникационные технологии дают возможность подключить к образовательному процессу группы людей, которые по различным причинам испытывали затруднение в получении знаний путем традиционной формы обучения. Такой подход к обучению отчасти реализует концепцию инклюзивного образования, которая активно применяется в наше время.

Цель исследования. Применение дистанционных форм обучения в образовательных учреждениях.

Образовательные учреждения – это социальные институты, которые приобретают государственный статус системы образования в стране в качестве дошкольного, школьного, среднего специального, высшего и дополнительного образования. Социальная функция этих учреждений состоит в предоставлении образовательных услуг населению страны.

Основными задачами образовательных учреждений являются:

- формирование общей культуры личности обучающихся на основе усвоения обязательного минимума содержания общеобразовательных программ;
- создание основы для осознанного выбора и последующего освоения профессиональных образовательных программ;
- обучение и воспитание в интересах личности, общества, государства, и создание благоприятных условий для разностороннего развития личности;
- применение «дистанционного обучения».

В свою очередь термин «дистанционное обучение» означает такую организацию учебного процесса, при которой преподаватель разрабатывает учебную программу, главным образом базирующуюся на электронном обучении. Такая среда обучения характеризуется тем, что обучающийся в основном отдален от преподавателя в пространстве или во времени.

В отличие от различных форм заочного обучения, обучение на основе компьютерных телекоммуникаций обеспечивает оперативную обратную связь, заложенную как в самом учебном материале, так и непосредственную систематическую обратную связь с преподавателем. Кроме того, появляется возможность общения в сети с партнерами по изучаемому предмету [1].

Таким образом дистанционное обучение дает следующие возможности:

- проходить обучение не покидая места жительства;
- снизить стоимость обучения;
- повысить уровень образовательного потенциала и качества образования;
- получения тем категориям населения, которым оно ранее было недоступно в силу различных обстоятельств;
- сохранения и развития единого образовательного пространства на территории страны и зарубежных стран, где проживает русскоязычное население.

Дистанционное образование в современном мире становится всё более значимым. Для получения максимально эффективного результата при таком методе преподавания необходимы образовательные платформы, которые бы покрывали все потребности пользователей.

Информационно-образовательная среда (ИОС) – это основанная на использовании компьютерной техники программно-телекоммуникационная среда, реализующая единым технологическим взаимосвязанным содержательным наполнением информационное обеспечение школьников, педагогов, администрацию учебного заведения и общественность.

Одним из важных элементов ИОС является мультимедиа, которая предоставляет возможность получения информации по средствам изображения и текста. Звук и видео в свою очередь обеспечивают такую форму презентации материала, которая помогает обучающимся быстрее и полнее его воспринимать.

Компьютерная обработка информации является, пожалуй, наиболее важным и нередко недостаточно используемым аспектом систем электронного обучения. Логика учебного процесса и обновляемые данные о результатах успеваемости могут определять последовательность учебных мероприятий и делать обучение индивидуальным, а также приводить его в соответствии со способностями и целями каждого ученика [2].

Коммуникация с базами данных и другими пользователями, реализуется через сетевое соединение. Использование сетевых возможностей при электронном обучении открывает простор для формирования знаний.

Таким образом для решения задачи необходимо организовать такую информационную систему обучения, которая бы не только хранила и обрабатывала материалы, но и предоставляла возможность организации коммуникации между участниками образовательного процесса.

В связи с реалиями сегодняшнего дня актуальность дистанционного обучения заключается в том, что результаты общественного прогресса, сегодня концентрируются в информационной сфере. В настоящее время наступила эра информатики. Этап её развития в данный момент можно характеризовать как

телекоммуникационный. Эта область общения, информации и знаний. Исходя из того, что профессиональные знания стареют очень быстро, необходимо их непрерывное совершенствование.

В начале третьего тысячелетия происходит переход от индустриального к информационному обществу, в котором знания и информация становятся основными производительными силами. В информационном обществе существенным образом изменяется стратегия образования, причем важнейшей его чертой является широкое использование информационных технологий [4].

Основным показателем развития общества является эффективность использования ресурсов. В связи с этим возникает потребность в усовершенствовании существующих способов получения и обработки информации, введение инноваций в жизнь человека.

Понятие «инновация» как средство и процесс предполагают введение чего-либо нового. Применительно к педагогическому процессу в профессиональном образовании инновация означает введение нового в цели, содержание, методы и формы обучения, организации совместной деятельности преподавателя и ученика. Одним из видов инноваций в рамках организации образования является введение дистанционного образования.

Дистанционное обучение является одной из актуальных тем в современном мире. Одним из триггеров к развитию данного направления в образовании стала пандемия *COVID-19*. Подавляющему большинству учебных заведений пришлось прибегнуть к альтернативной форме обучения.

Одним из преимуществ электронного образования является экономичность. Это выражается, например, высокой стоимостью транспортных услуг, питание. Поездки на учебу требуют значительных материальных затрат обучающихся, проживающих далеко от учебного заведения.

Материал и методы исследования. Исследование существующих способов применения дистанционного обучения связано с необходимостью внедрения в инженерно-техническом институте информационной системы дистанционного обучения. Для этого были изучены существующие аналоги программных продуктов, что позволило обнаружить достоинства и недостатки подобного ПО, а также определить и предупредить ошибки, возникающие в подобных системах, еще на ранних этапах.

При исследовании существующих программных продуктов были найдены аналоги программного продукта. Наиболее популярная в Приднестровье образовательная платформа *Moodle* «Электронная школа Приднестровья».

Moodle – обучающая среда, база, которая с помощью настройки, дополнительных программ и физических носителей информации превращается в систему. Электронная школа Приднестровья

создана на основе среды *Moodle* и оснащена дополнительными плагинами, которые моделирует систему.

Главное преимущество электронной школы Приднестровья – бесплатное распространение. Данная система предоставляет все функции, без ежемесячной подписки или лицензии и не имеет в себе систем дополнительной оплаты.

Еще одним преимуществом данного решения является систематизирование всех школ республики на единой образовательной платформе. Такой подход дает всеобщую стандартизацию образовательного процесса в рамках дистанционного обучения. Благодаря этому переход ученика в другое образовательное учреждение не сопровождается изучением новой системы и дает возможность быстрее влиться в учебный процесс.

Также электронная школа Приднестровья осуществляет поддержку большого количества типа файлов, которые могут быть использованы для демонстрации информации. Помимо файлов, эта система предоставляет возможность проверки качества усвоения материала по средствам тестирования. Следует также отметить гибкую настройку тестов, преподаватель может установить ограничение по времени доступа к тесту, проверить его самостоятельно или же назначить эту функцию на систему.

Среди недостатков стоит отметить частые перебои системы при большой загруженности сайта. Большинство пользователей сталкивались с проблемой при отправке ответов на тестовые задания, система не сохраняла результаты и не давала доступ к повторному прохождению.

Еще одним недостатком данного сервиса является сложный для понимания интерфейс. Расположение вкладок и переходов является интуитивно непонятным, что в свою очередь увеличивает время на обучение и может стать проблемой для неопытных пользователей.

На сегодняшний день электронная школа Приднестровья является не единственным сервисом онлайн обучения.

Также получила популярность среди пользователей в последнее время информационная система дистанционного образования *Google Classroom* – сервис для онлайн-обучения, который позволяет создавать курсы, тестировать обучающихся. Компания *Google* собрала в одном сервисе несколько своих инструментов. Среди них, диск для хранения файлов, *Google Docs* для публикации текстовых лекций, презентации, опросы. Для работы необходимо создать аккаунт в *Google*. Сразу после предоставляется возможность добавить обучающихся, создать курс и наполнить его необходимыми материалами

Результаты исследования и их обсуждение. Дистанционное обучение предоставляет ряд возможностей:

Приводит к повышению экономической эффективности образования. С одной стороны, оно позволяет снизить часть расходов традиционных

учебных заведений, оптимизировать и улучшить управление образовательным процессом, повысить уровень оплаты труда преподавателей и специалистов, создающих учебные ресурсы. С другой стороны, для потребителя, уменьшаются ограничения финансового характера, как в следствие снижения затрат учебной организации, так и в следствие снижения затрат обучаемого.

Дает возможность реализовать индивидуальную траекторию обучения в соответствии с когнитивными особенностями личности обучающегося, его знаниями и имеющейся подготовкой, наличием времени для обучения.

Может способствовать повышению качества учебного процесса. Как правило, внедрение информационных технологий, сопровождается повышением качества курсов и программ учебных заведений, что связано с тем, что курсы и программы создаются при участии целой команды специалистов.

Способствует развитию новых образовательных концепций и новых моделей преподавания. В основе таких моделей и концепций находится индивидуально-ориентированное обучение, с ориентацией на обучаемого, на его индивидуальные особенности. При этом обучение становится активным, ориентированным на практическую деятельность.

Дает возможность всем участникам учебного процесса развиваться согласно с требованиями времени. И преподаватели, и обучаемые в системе электронного обучения развивают свои знания, умения и навыки в соответствии с новейшими технологиями и стандартами. Кроме того, использование электронных технологий позволяет быстро актуализировать содержание учебных материалов и оперативно обновлять форму их представления [6].

Предоставляет обучающимся потенциально равные возможности обучения. Вне зависимости от качества преподавания в конкретном учебном заведении, обучающийся может получать учебную информацию и заниматься практически в любом оборудованном месте.

Вывод. Дистанционное образование покрывает множество проблем, которые возникают при традиционной форме обучения. Данный подход имеет ряд преимуществ и дает возможность повысить эффективность учебного процесса в системе образования.

В настоящее время дистанционное обучение является одним из перспективных направлений в образовании. Для организации дистанционного обучения многие образовательные учреждения организуют учебные порталы. Они представляют собой ресурсы, которые содержат учебные материалы, задания для самостоятельного выполнения, тесты для самопроверки, обучающие подсистемы и множество других полезных ресурсов.

На сегодняшний день применение информационно-коммуникационных технологий в

сфере образования получило широкое распространение среди различных видов образовательной деятельности. Так, не только частные образовательные учреждения, но и муниципальные, используют электронные журналы оценок, а также ведут уроки с применением интернет-технологий [5].

Многие родители охотно обращаются к дистанционному обучению в школе, чтобы не допустить пропусков по учебе, отставания, так как их дети в силу тех или иных обстоятельств иногда не могут посещать все школьные занятия. При таком подходе специальная учебная среда позволяет педагогу прокомментировать каждую работу обучаемого, дать рекомендации по исправлению ошибок, работать с каждым до полного решения учебной задачи.

Дистанционное обучение влияет на психоэмоциональное состояние учеников. Отсутствие непосредственного контакта между обучающимся и преподавателем снижает степень личного влияния педагога на эмоциональное окрашивание получаемых знаний. Также снимается психологическое воздействие, которое обусловлено воздействием класса или успеваемости ученика в рамках обучения предмету.

Внедрение дистанционного обучения набирает обороты с каждым годом, и это говорит о том, что использование современных технологий и научных достижений в сфере образования, является эффективным и удобным методом обучения, который при правильной методике, способен вывести всю систему образования на новый, современный уровень.

Инновационные формы организации образовательного процесса не только облегчают усвоение учебного материала, но и предоставляют новые возможности для развития творческих способностей обучаемых, постоянно стимулируя их личностный рост. Также дистанционные технологии помогают преподавателю повысить качество образования, сформировать универсальные учебные действия в современной цифровой коммуникационной среде [3].

Имея в своей основе *online*-технологии и виртуальное пространство, дистанционное обучение сделало образование доступным большому числу людей, разделенных географическим расстоянием или по другой причине не имеющих возможности очного обучения. Следует отметить, что виртуальное пространство предоставляет дистанционному обучению абсолютно неограниченный потенциал благодаря возможностям сети *Internet*.

Компьютерная грамотность уже давно является ключевым фактором в современном образовательном процессе. Обучающийся должен уметь пользоваться удаленными программами, электронной почтой, и другими сетевыми инструментами, программами дистанционного обучения.

Со своей стороны, увеличение пропускной способности сетей делает ее более актуальной с

использованием методов видеоконференций. Развитие рассматривается не только в качестве дополнительной услуги для клиента-ученика. Заинтересованы в этом и сами учебные заведения, а также государство, которое ищет способы увеличить количество учеников, стремясь при этом сократить сопутствующие с этим расходы.

Список литературы

1. Андреев А.А. Дистанционное обучение: сущность, технология, организация / А.А. Андреев, В.И. Солдаткин. – М.: МЭСИ, 1999. – 196 с.
2. Болкунов И.А. Электронное обучение: проблемы, перспективы, задачи / И.А. Болкунов // Таврический научный обозреватель. – 2016. – №11(16). – С. 128-133
3. Морев, И. А. Образовательные информационные технологии. В 4 ч. Ч.1 :Обучение / И. А. Морев. – В.: Дальневосточного университет, 2004. – 162 с.
4. Рулиене Л.Н. Дистанционное обучение: сущность, проблемы, перспективы / Улан-Удэ: Бурятский университет, 2010. – 272 с.
5. Дистанционное обучение: будущее развития образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/13MNNPU19.pdf>.
6. Дистанционное обучение в школе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/promo/education/distancionnoe-obuchenie-shkola-metodicheskie-rekomendacii>.

УДК 656.212.073.437:656.212

ГРНТИ 73.29.61

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУЗОТПРАВИТЕЛЯМИ

Калушин Александр Александрович

к.э.н., доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),

кафедра «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы» г. Самара

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.736

ABSTRACT

The article discusses the results of a study on the development of information and reference resources in the organization of transportation of dangerous goods in the conditions of digitalization of interaction with shippers. The analysis of the corresponding connections of the elements of the system under consideration is carried out. The analysis of the available technical and operational-technological documents, as well as the main regulatory legal acts in the field of relations between the railway station, owners of non-public tracks, customers and users of railway transport in the organization of transportation of dangerous goods, allowed us to draw conclusions about the features of such interaction and formulate the content of mandatory works (elements, procedures) in the transportation process. A possible architecture of the application is proposed, which can be used as an information and training one (it should provide for the issuance of certain requested information to the question of interest in the form of a certificate, that is, it can be used as an information and training system), and confirming the correct performance by the sender of all necessary actions when organizing the transportation of dangerous goods.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются результаты исследования по вопросу развития информационно-справочных ресурсов при организации перевозок опасных грузов в условиях цифровизации взаимодействия с грузоотправителями. Выполнен анализ соответствующих связей элементов рассматриваемой системы. Анализ имеющихся технических и эксплуатационно-технологических документов, а также основных нормативно-правовых актов в сфере взаимоотношений железнодорожной станции, собственников путей необщего пользования, клиентов и пользователей железнодорожного транспорта в вопросах организации перевозок опасных грузов, позволил сделать выводы об особенностях такого взаимодействия и сформулировать содержание обязательных работ (элементов, процедур) в перевозочном процессе. Предлагается возможная архитектура приложения, которое может быть использовано как информационно-обучающая (должна предусматривать выдачу определенной запрашиваемой информации на интересующий вопрос в виде справки, то есть может использоваться как информационно-обучающая система), так и подтверждающая корректное совершение отправителем всех необходимых действий при организации перевозок опасных грузов.

Keywords: integrated interaction system, dangerous goods, safety, information and training system, communication elements, the current state of the system, the result of functioning, management decisions, interaction

Ключевые слова: интегрированная система взаимодействия, опасные грузы, безопасность, информационно-обучающая система, связи элементов, текущее состояние системы, результат функционирования, управленческие решения, взаимодействие

Развитие цифровой трансформации работы железнодорожного транспорта и пользователей услуг является одним из направлений трансформации и развития [1-5].

Приоритетами являются: развитие аналитики и технологий искусственного интеллекта (AI), робототехника и автоматизация технологических процессов, цифровизация бизнес-процессов и др.

Комплекс цифровизации бизнес-процессов и автоматизации сопутствующего ПО направлен на формирование и развитие цифровой системы, которая позволила бы управлять полным жизненным циклом работы подвижного состава, отслеживать результаты для оперативной отчетности на всем пути движения вагонов (отправление и погрузка, сортировка, прибытие и выгрузка), анализировать и визуализировать имеющиеся данные (в виде создания информационных панелей, графиков или отчетов), совершенствовать и развивать CRM систему в целях дальнейшей автоматизации применяющихся стратегий взаимодействия с клиентами [6] и т.д.

Для ОАО «РЖД» это, прежде всего, интегрированная система взаимодействия с клиентами (грузовые перевозки), в том числе соответствующая платформа по управлению клиентским опытом, в том числе на основе активно внедряемых технологий цифровизации в грузовой работе, например, технология «Цифровой приемосдатчик» [7, 8].

Такой подход к развитию отрасли, в определенной мере, оказывают влияние на эффективность и безопасность работы транспортного комплекса. Особенно, если речь идет об перевозочном процессе опасных грузов.

В [9] были рассмотрены особенности взаимодействия станций примыкания ОАО «РЖД» и путей необщего пользования российских НПЗ, и

сформулирован вывод об ограниченном количестве таких комплексов, а, следовательно, ограниченном количестве подобных пользователей услуг по перевозке опасных грузов. Было бы перспективным использование дополнительного приложения в «личном кабинете» пользователя, которое позволяло бы повысить эффективность контроля перевозочного процесса по опасным грузам.

В качестве такого предложения по совершенствованию системы работы с вагонами, грузоотправителями и получателями, может быть рассмотрено мобильное приложение (ПО), которое позволит, с одной стороны использоваться работниками, связанными с перевозкой опасных грузов, как информационно-справочное информационное табло, с другой стороны, при невыполнении каких-либо параметров пользователь, например, видит, что один из параметров горит красным цветом и груз или вагон не может быть принят и ему необходимо сосредоточить на данном параметре свои действия и усилия для приведения параметра в нормальное (допустимое для осуществления перевозки) состояние [10].

Таким образом, развитие информационно-справочных ресурсов при организации перевозочного процесса опасных грузов в условиях цифровизации взаимодействия с грузоотправителями и получателями укладывается в общую концепцию развития и совершенствования цифровизации бизнес-процессов, а также CRM систем.

На основании проведенного анализа в результате выполненных исследований текущее состояние системы выглядит следующим образом, рис. 1.

Связи элементов рассматриваемой системы представлены на рис. 2

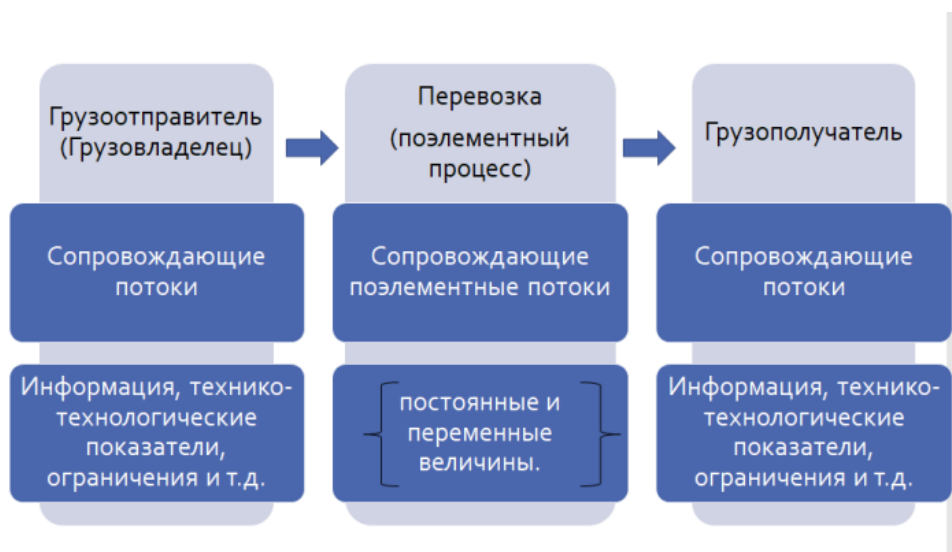


Рис. 1 - Текущее состояние системы

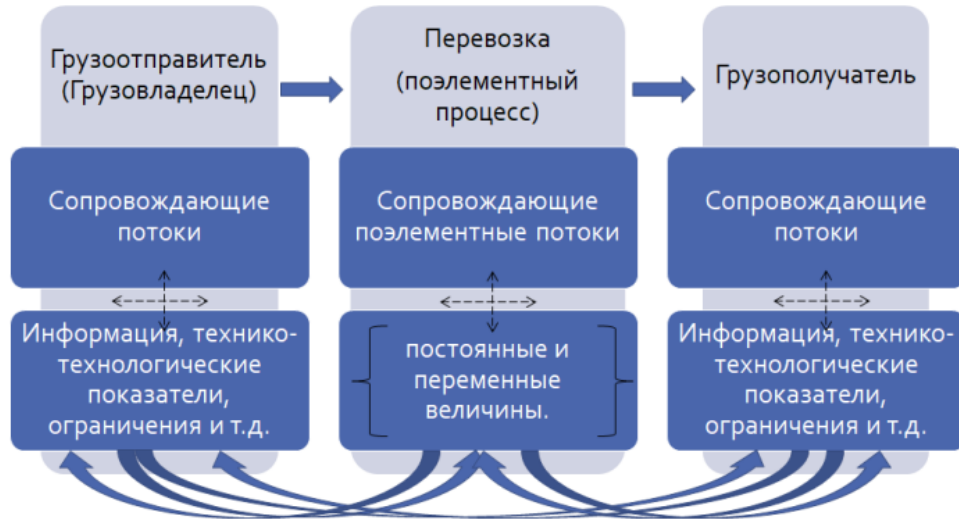


Рис. 2 – Связи элементов системы

Видимый результат функционирования системы будет выражаться двухсторонним эффектом, рис. 3.

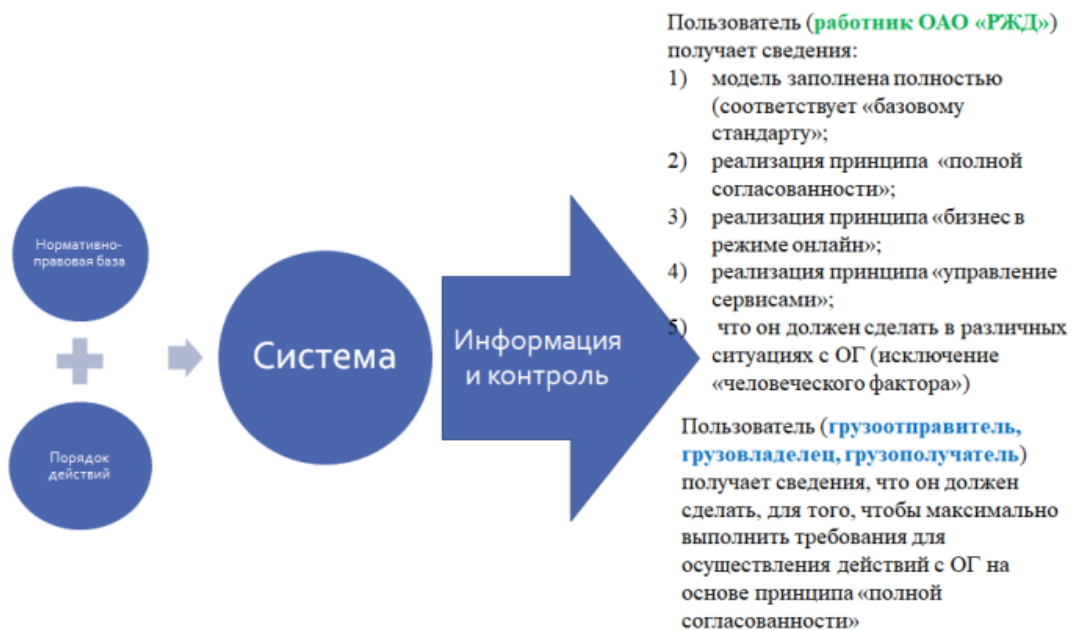


Рис. 3 - Результат

На рис. 4 представлена возможная архитектура приложения, которое позволит работать с опасными грузами и как обучающая система и как система допуска к перевозке.

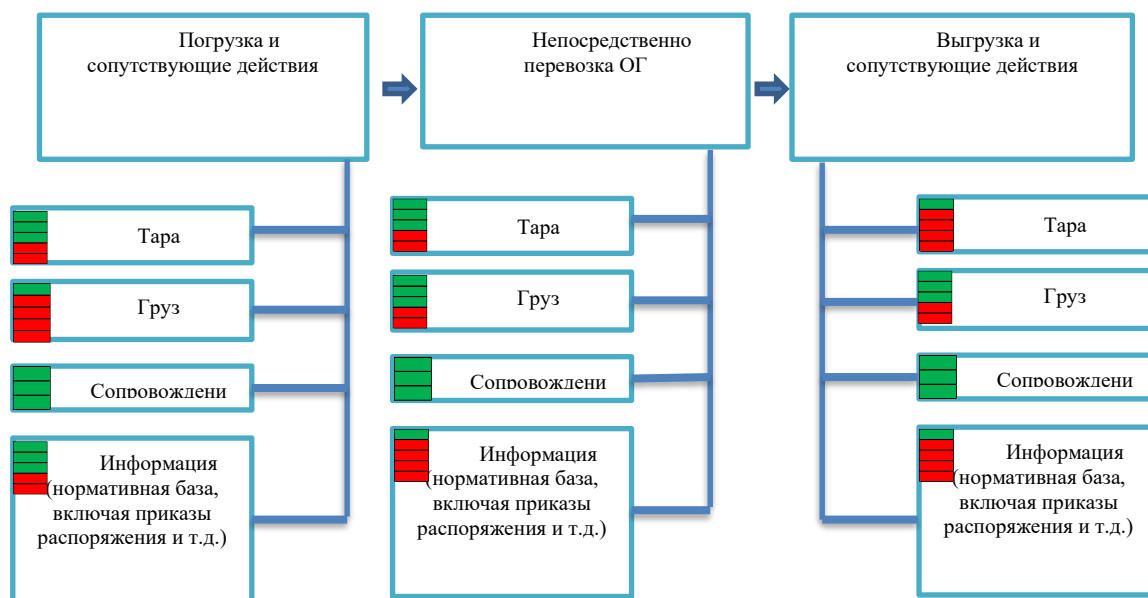


Рис. 4 - Возможная архитектура приложения

Таким образом, поэлементные массивы, а точнее интерфейс пользователя с их окончательным видом по результатам действий будет иметь 2 варианта отображения корректности событий:

элемент (операция, комплекс работ и т.д.):

- выполнено (корректно выполнено) – «зеленый индикатор отображения результата действий»;

- не выполнено (не корректно выполнено) – «красный индикатор отображения результата действий».

Использование контекстного меню позволит пользователю в дальнейшем выполнить выбор необходимого действия над выбранным объектом (например, по таре или грузу, или нормативно-правовому содержанию). Система может быть использована как информационно-обучающая (должна предусматривать выдачу определенной запрашиваемой информации на интересующий вопрос в виде справки, то есть может использоваться как информационно-обучающая система), так и подтверждающая совершение отправителем всех действий при организации перевозок опасных грузов.

Используя в дальнейшем инструменты анализа больших данных, можно будет принимать более эффективные управленческие решения, основываясь при этом на информации, выводимой на интерфейс пользователя (количество и содержание цветowych элементов «зеленый/красный»), выстраивать максимально персонализированную коммуникацию с клиентами, формируя актуальные предложения. То есть пользователь в режиме он-лайн видит, какой из параметров не выполнен и соответственно может корректировать свои действия. При этом количество окон может зависеть от схемы данных между различными массивами. Проработка детального содержания массивов данных требует дальнейшего исследования и сопоставления

параметров имеющейся нормативно-правовой и технико-технологической документации.

Система должна предусматривать взаимодействие с системами ЕАСАПР, ЭТРАН, АСУ ПРАВО, Яндекс документы, он-лайн сервисом «RZD Cargo» и Электронной Торговой Площадкой Транспортных Услуг (ЭТП ТУ). Такое взаимодействие может дать полностью прозрачную систему безопасных и эффективных перевозок опасных грузов.

Список литературы

1 «Об утверждении долгосрочной программы развития открытого акционерного общества "Российские железные дороги" до 2025 года (с изменениями на 13 октября 2022 года), распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 года № 466-р [Текст] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553927831>

2 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями на 21 июля 2020 года), Указ Президента Российской Федерации [Текст] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557309575>

3 «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года» (с изменениями на 13 апреля 2022 года), утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 года № 2101-р [Текст] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/551365461>

4 «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р [Текст] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/727294161>

5 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства

Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877- [Текст] – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010?ysclid=la52q43we6182816371>

6 ОАО «РЖД» запустит CRM-систему для работы с грузоотправителями до конца 2020 года [Текст] – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9354/page/10406>

7 «На Куйбышевской железной дороге запущен в промышленную эксплуатацию проект «Цифровой приемосдатчик» [Текст] – URL: <https://kbsh.rzd.ru/ru/3673/page/104069>

8 Гулый И.М. Цифровой приемосдатчик — технология приема вагонов к перевозке, внедряемая в рамках Стратегии Цифровой Трансформации Российских Железных Дорог [Текст] – URL: https://ecsn.ru/files/pdf/202206/202206_65.pdf

9 А.А. Калущин, В.И. Солдаткин. Особенности взаимодействия станций примыкания ОАО «РЖД» и путей необщего пользования российских НПЗ. Наука и образование транспорту: материалы XI Международной научно-практической конференции (2018, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2018 г. Том 1 [Текст] / редкол.: Д.В. Железнов [и др.] - Самара: СамГУПС, 2018. - С. 86-91.

10 Калущин А.А. Перевозочный процесс опасных грузов в условиях цифровизации взаимодействия с грузоотправителями. Наука и образование транспорту: материалы XV Международной научно-практической конференции 10-11 ноября 2022 г. Том 1 [Текст] - Самара: СамГУПС 2022. - С. 154-156

УДК 629.056.8

СПОСОБ КОНСТРУКТИВНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ АНТЕНН АФАР ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ (КА) НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ (НССС) ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МАССА – ГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.

Рысин А.В.

АНО «НТИЦ «Техком»

г.Москва, радиоинженер

Бойкачев В.Н.

АНО «НТИЦ «Техком»

г.Москва, директор

кандидат технических наук

Наянов А.М.

АНО «НТИЦ «Техком»

г.Москва,

нач.сектора

A METHOD FOR THE CONSTRUCTIVE ARRANGEMENT AND DECOMPOSITION OF ANTENNAS (APAA) FOR MULTIFUNCTIONAL USE IN SPACECRAFT OF LOW-ORBIT SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS (LOSSES) WHILE OPTIMIZING RADIO ENGINEERING PARAMETERS AND MASS-DIMENSIONAL CHARACTERISTICS.

Rysin A.,

ANO "STRC" Technical Committee

Moscow,

radio engineer

Boykachev V.,

ANO "STRC" Technical Committee

Moscow,

director,

candidate of technical sciences

Nayanov A

ANO "STRC" Technical Committee

Moscow,

head of the sector

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.726

АННОТАЦИЯ

На современном этапе развития космических систем остро стоит вопрос о засорённости космоса спутниками различного назначения. Причём количество спутников возрастает громадными темпами. Так в системе Starlink предполагается использовать до 12000 спутников. В данной статье на основе анализа характеристик известных систем предлагается многофункциональное использование спутников при их оптимальном количестве за счёт нового способа конструктивного расположения и разложения активных фазированных антенных решёток (АФАР).

ANNOTATION

At the present stage of the development of space systems, the issue of space contamination by satellites for various purposes is acute. Moreover, the number of satellites is increasing at an enormous pace. Thus, up to 12,000 satellites are supposed to be used in the Starlink system. In this article, based on the analysis of the characteristics of known systems, the multifunctional use of satellites with their optimal number is proposed due to a new method of constructive arrangement and decomposition of active phased antenna arrays.

Ключевые слова: радиосвязь, панели АФАР, радиовысотомер, локатор бокового обзора, межспутниковая связь, Internet, КА HCCC.

Keywords: radio communication, panels of active phased antenna arrays, radio altimeter, side-view locator, inter-satellite communication, Internet, spacecraft of low-orbit satellite communication systems.

Понятно, что суть нового способа и устройства относится к формированию действий, которые в сумме дают многофункциональное использование КА с улучшением тактико-технических и радиотехнических характеристик, с получением экономического выигрыша, которые раньше никем не предлагались. При этом в силу того, что разрыв между коэффициентами усиления антенн для связи и для работы в режимах локатора бокового обзора составляет 20 дБ и было использовано компромиссное решение за счёт складывающейся конструкции панелей антенн с коэффициентом усиления каждой в 30 дБ под обтекателем ракеты с раскрытием в космосе. Соответственно потребовалось оптимизировать и

радиотехнические параметры с учётом допустимых размеров антенн. Это и позволило совместить в одном КА многофункциональные режимы с оптимизацией размеров антенн с учётом несущих частот, полосы пропускания, веса и улучшением радио и тактико-технических характеристик.

Современная тенденция развития спутниковых систем для радиосвязи, навигации, радиовысотометров, локаторов бокового обзора в конструктивном исполнении антенн идёт по пути использования расположения антенн на одном плоском основании (панели). Например, это было использовано в системе космической радиосвязи Globalstar [1] (рисунок 1).

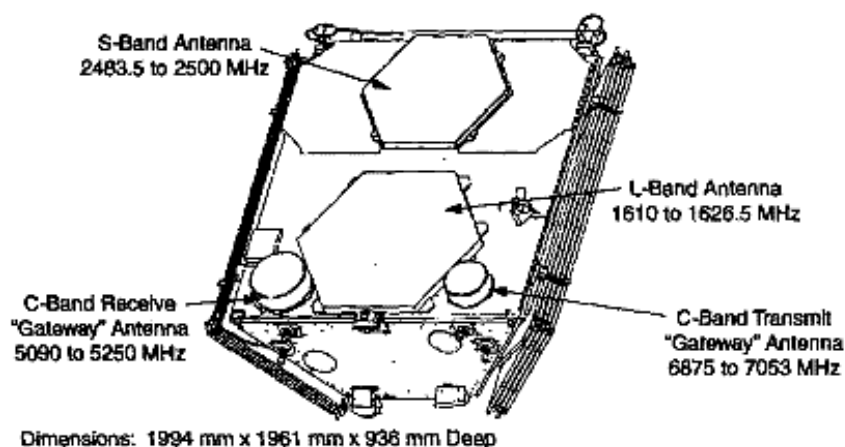


Рисунок 1. Расположение антенн Globalstar на плоском основании (панели).

Этот подход также был продолжен в системе спутниковой связи OneWeb [2] (рисунок 2).

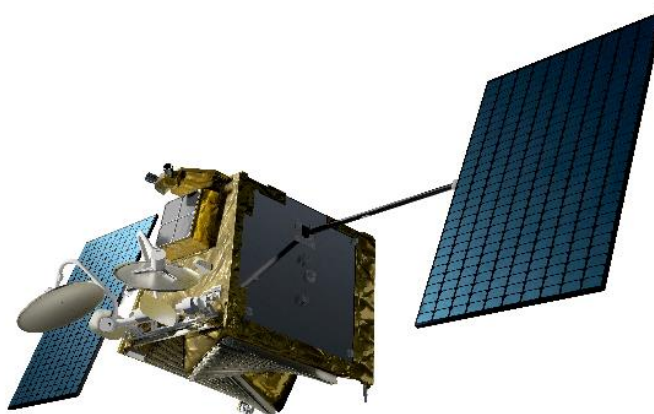


Рисунок 2. Расположение целевых фазированных антенных решёток OneWeb находится внизу конструкции.

Такой же вариант расположения антенн был выбран и для Starlink [3] (рисунок 3).

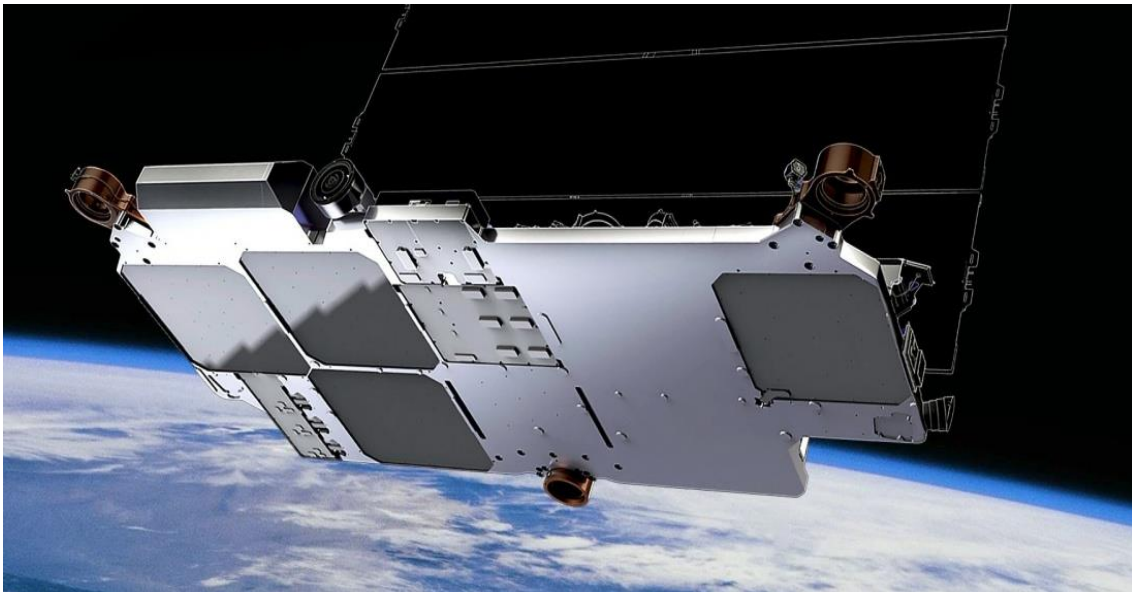


Рисунок 3. Расположение антенн в спутнике Starlink.

Понятно, что данное расположение антенн приводит к необходимости увеличивать группировку спутников с ростом экономических затрат и приводит к засорённости космоса.

Здесь для того, чтобы обслуживать большой радиус пятна на Земле требуется управление лучом антенной фазированной решётки (АФАР) с довольно большим отклонением луча, что снижает энергетический потенциал. Однако известно и

другое конструктивное расположение антенн в спутниках Iridium [4], где обеспечивается довольно большой охват пятна обслуживания пользователей на Земле с использованием трёх панелей, в каждой из которых находится по две фазированной антенной решётки, расположенных под одним углом, одна над другой, что связано с сокращением энергетических потерь при обслуживании пятна на Земле большого радиуса.

Photo : Daniel Deak

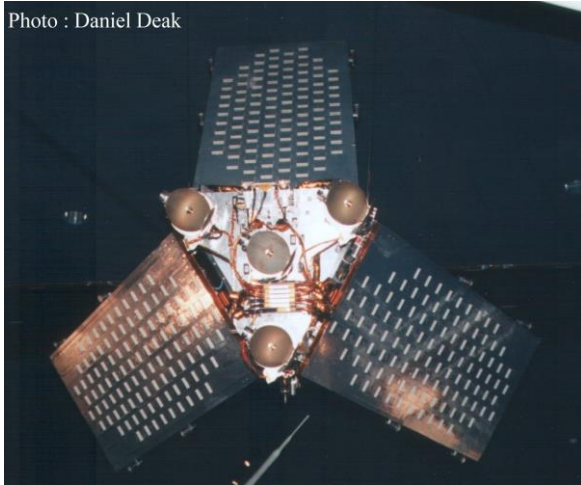


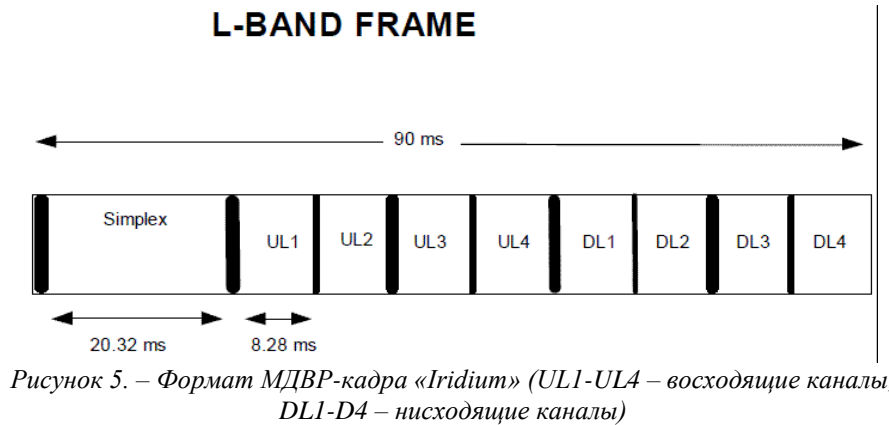
Рисунок 4. КА Iridium.

Так, космический аппарат (КА) Iridium летает на высоте 780 км и имеет на 3 панелях 6 антенн, работающих на приём и передачу с использованием режима разделения во времени и разделением каналов по частоте с формированием в каждой антенне до 8 лучей одновременно. Общая потребляемая мощность 1,4 кВт. Размер одной панели 1860 мм×860 мм×40 мм с использованием

106 элементов АФАР (активная фазированная антенная решётка) в L-диапазоне 1616-1626,5 МГц. Коэффициент использования площади антенны составляет $K_{исп} = 0,707$ при отклонении луча на 45 градусов от нормали к апертуре антенны. В реальности при обзоре 120 градусов угол отклонения луча от нормали составляет ± 60 градусов и коэффициент использования будет 0.5 и

менее. При этом, общая средняя выходная мощность на передачу, с учётом скважности $Q = 2$, составляет $8 \text{ Вт} \times 48 \text{ лучей} / 2 = 192 \text{ Вт}$. Для формирования многолучевой системы с использованием всей площади одной и той же антенны была применена диаграммо - образующая схема Батлера, что хоть и обеспечивало широкий сектор обзора при узких лучах разной частоты, но сужало общую полосу пропускания антенны (это исключает многофункциональное применение) и требовало использования многочастотного режима. Кроме того, для обслуживания одновременно большого количества абонентов (в Iridium это более 1100 пользователей одновременно) требуется большое количество параллельных каналов при приёме и передаче, а это связано с использованием линейного режима класса «А» [5], как при приёме, так и при передаче. Но, при передаче в линейном режиме коэффициент полезного действия (к.п.д.) в многочастотном режиме, например, в системе Globalstar составляет 30% (по теории 48%) и соответственно это требует источник питания в 640 Вт. В одночастотном режиме класса «В» по теории

к.п.д. составляет 78%, но по отношению к к.п.д., полученному на практике для многочастотного режима, будем считать улучшение к.п.д. в одночастотном режиме в $(78\%/48\%)=1,625$ раза (48,75%), и здесь тогда требуется источник питания в 394 Вт. Кроме того, обеспечить линейный режим работы на приём при обработке большого количества входных сигналов на основе аналого-цифрового преобразования достаточно сложно, требуется многоуровневый АЦП для исключения подавления слабого сигнала более сильным сигналом, а это связано с энергетическими затратами и требуется высокая тактовая частота дискретизации. Поэтому в системах связи типа Iridium и Globalstar используется компромиссное решение и одновременно с многочастотным режимом вводят временное разделение, что позволяет при учёте раздельного режима приёма-передачи обслужить в 4 раза больше абонентов. В этом случае количество одновременно обслуживаемых абонентов равно $48 \times 4 = 192$ за счёт разделения во времени (Рисунок 5).



Но, чтобы получить приемлемое количество абонентов, более чем тысяча, в Iridium предусматривается и частотное разделение в одном

луче до 6 одновременно работающих параллельно частотных канала, рисунок 6.

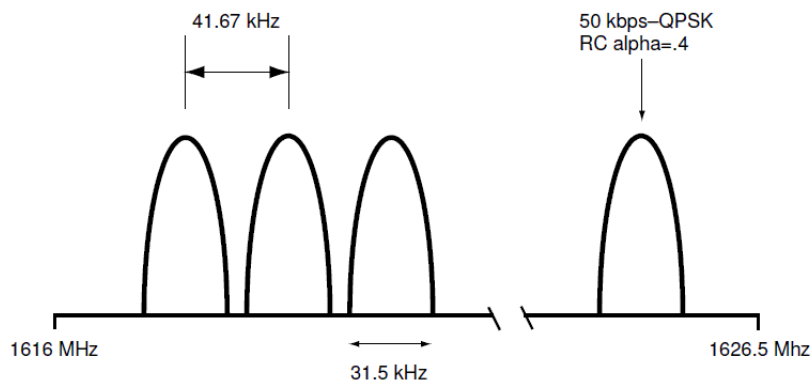


Рисунок 6. Частотный план системы «Iridium»

Отметим, что для Globalstar таких параллельных каналов 13. В этом случае для Iridium мы имеем $48 \times 4 \times 6 = 1152$ абонента, обслуживаемых одновременно. И это означает, что с учётом частотного разделения выделяемая мощность на

пользователя равна $8/6 = 1,3 \text{ Вт}$. Кроме того, мы не учитываем, что в Iridium используется 4 канала управления от КА до абонента для символической и частотной синхронизации, что связано с тем, что нет когерентной обработки с наличием ФАПЧ

(фазовая автоподстройка частоты) на каждый частотный канал. Это конечно упрощает подстройку, так как необходимая частота пользователя выставляется на основе сигнала управления (пилот-сигнала) с необходимым пересчётом по частоте, но ухудшает отношение сигнал/шум. Исходя из такого количества пользователей повтор опроса осуществляется через 90 мсек, при этом отрезок времени на приём и передачу составляет по 8,28 мсек по четыре переключения, а сигнал преамбулы 20,32 мсек (Simplex), что связано с использованием дополнительно отдельно каналов управления для синхронизации из-за сложной обработки QPSK. С учётом передачи и приёма информации в 50 кбит/сек в сжатом виде имеем 414 бит за 90 мсек (в реальности 3,45 кбит/сек в обоих направлениях). Соответственно за 1 сек получаем 4,6 кбит/сек для одного пользователя из 1100. Отметим также, что может использоваться 7-8 слотов передачи, и 7-8 слотов приема, и это позволяет либо уменьшить количество одновременных абонентов с разделением по частоте, но с увеличением мощности на канал $8/3=2,6$ Вт, вместо 1,3 Вт, либо здесь используется скорость передачи в 2,3 кбит/сек на абонента с увеличением общего количества обслуживаемых абонентов. При такой обработке переход к временному разделению вместо частотного деления даёт небольшое преимущество в сокращении параллельных каналов обработки, но без повышения чувствительности в отношении сигнал/шум. Для Iridium номинальная импульсная мощность передатчика мобильного устройства абонента составляет в импульсе 7 Вт при скважности 10,9 и потоке информации 50 кбит/сек. В итоге средняя мощность будет порядка 0,64 Вт. Понятно, что мы имеем разницу в мощности между передатчиком

АФАР и передатчиком мобильного устройства при наличии одной и той же радиолинии. Для передатчика АФАР хватает 1,3 Вт, а для мобильного устройства абонента требуется 7 Вт в импульсе. Однако это связано с тем, что видимо мощность для лучей КА Iridium имеет регулировку в зависимости от направления, а диаграмма направленности антенны мобильного устройства не может быть равномерная во всех направлениях и абонент не знает, где находится спутник с которым осуществляется связь, и чтобы обеспечить устойчивый приём, и заложена величина мощности в импульсе 7 Вт. Кроме того, есть причины рассмотренные ниже. Собственно, указанная проблема решается в современных спутниковых системах, таких как One Web и Starlink за счёт навигационных данных, когда луч антенны абонента направляется непосредственно на спутник. Отметим, что мощность излучения одной АФАР с учётом многолучевой диаграммо-образующей схемы (ДОС) Батлера составляет 16 дБВт (39,8 Вт). Таким образом, при изначальном передатчике в 8 Вт на каждый из 8 лучей, что составляет 64 Вт, потери в ДОС и из-за разветвления равны $64 \text{ Вт}/40 \text{ Вт}=1,6$ раза, и это без учёта потерь связанных с отклонением луча каждой панели до ± 60 градусов. Кроме того, надо учитывать, что использование одновременно на приём $N=8$ лучей приводит к увеличению шумов в $N^{1/2}=(8)^{1/2}=2,8$ раза и с учётом потерь в ДОС, а они связаны с потерями и на микро полосковое разветвление, имеем $1,6 \times 2,8=4,48$ раз ухудшение чувствительности приёмника КА, что, кстати, и оправдывает использование абонентом мощности в 7 Вт, так как из-за потерь получается эквивалентное значение 1,56 Вт. Максимальный коэффициент усиления одной антенны АФАР при $K_p=0,7$ составляет

$$G = 4 \times \pi \times S / (\lambda^2) \times K_p = 217 \text{ (23,4 дБ)}, \text{ где: } S = 930 \text{ мм} \times 860 \text{ мм}; \lambda = 0,18 \text{ м.}$$

В реальности конечно меньше и определяется числом элементов многолучевой антенной решётки (МЛАР) умноженным на коэффициент усиления одного элемента. В данном случае один излучатель (патч) имеет коэффициент усиления 4,127 раз (6,16 дБ). Коэффициент усиления одного элемента на практике обычно рассчитывается в присутствии

остальных элементов нагруженных на эквивалентную нагрузку.

Величину угла луча антенны по уровню 0,5 можно вычислить по формуле $\alpha = (35500/G)^{1/2} = 12,8$ град [6]. Соответственно лучи имеют жёсткое закрепление за сектором обзора, что и даёт пятно на земле, рисунок 7.

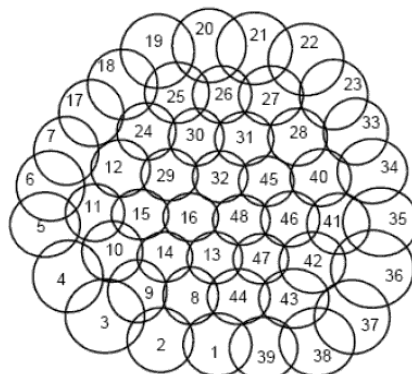


Рисунок 7. Сектор пятна обслуживания многолучевой системы Iridium одного КА.

Отметим следующие недостатки использования конструкции антенн для систем Iridium, Globalstar:

Диаграммо – образующая схема Батлера (для Globalstar это схема Бласса) хоть и обеспечивает многолучевой режим для одновременного обзора и обслуживания всего пятна на Земле, но при этом даёт энергетические потери и сужает диапазон частот (для Iridium это 1616 МГц - 1626,5 МГц, для KA Globalstar в режиме приёма 1610 МГц - 1626,5 МГц, в режиме передачи 2483,5 МГц – 2500 МГц). Полоса пропускания антенн в 10,5 МГц -16,5 МГц исключает использование режима Internet, режима навигации, использование в качестве радиовысотомера и локатора бокового обзора, где требуется полоса пропускания порядка 225-300 МГц. Иными словами КА НССС с многолучевой схемой через частотное разделение дают обслуживание большого количества пользователей в режиме телефонного разговора (ТЛФ) с исключением многофункционального режима. При этом, чтобы увеличить поток информации в многолучевом режиме по схеме Батлера или Бласса в системах Starlink и One Web были вынуждены перейти на диапазон частот превышающий 10 ГГц, чтобы расширить полосу пропускания для потока информации.

Использование многолучевой схемы в одновременном многочастотном режиме излучения исключает возможность повышения к.п.д. в 1,625 раза по энергетическому потенциалу за счёт использования одночастотного режима класса «В», вместо линейного многочастотного режима класса «А» [6].

Расположение панелей на КА НССС Iridium таково, что каждая панель имеет сектор обзора в 120° при двух АФАР на одной панели, что требует в зависимости от несущей частоты отклонения лучей на $\pm 60^\circ$ от нормали панели по азимуту. Это при больших углах отклонения в 60 градусов приводит к снижению энергетического потенциала в 2 раза. Понятно, что управление лучом в зависимости от частоты и даёт вариант узкополосной системы при данных несущих частотах.

Расположение АФАР в Iridium в одной панели (полотне) одного над другим под одним и тем же углом места от нормали панели позволяет расположить АФАР под обтекателем ракеты диаметром порядка 1 метра (ширина панели АФАР 860 мм при длине 1860 мм), однако плоское расположение двух АФАР на одной панели (полотне) также не обеспечивает преимуществ в коэффициенте усиления в направлении пользователей расположенных по углу места и азимуту, так как углы отклонения от нормали совпадают, и при этом при отклонении луча падает эффективная поверхность антенны. При этом исключается вариант использования всего полотна из двух антенн для формирования более узкого луча с повышением энергетического потенциала, так как здесь жёсткая привязка угла отклонения от частоты, нет синфазного режима, и есть

ограничение, связанное с необходимостью формирования одновременно 48 лучей.

Конструктивное решение расположения АФАР на панелях в Iridium и сам принцип работы не позволяет изменять коэффициент усиления антенн за счёт изменения количества синфазно излучающих элементов (патч) и использовать складывающуюся конструкцию с уменьшением масса - габаритных характеристик.

Отсутствует возможность использования увеличения коэффициента усиления энергетического потенциала за счёт усилителей мощности и излучателей АФАР всех панелей при работе, например, в режиме радиовысотомера, локатора бокового обзора в разложенном виде общего плоского варианта, так как конструкция антенн под обтекателем ракеты и в космосе одна и та же. К такому плоскому виду может потребоваться переход и при необходимости увеличения количества обслуживаемых пользователей за счёт дополнительных КА на новых орбитах.

При большом количестве пользователей в многолучевой схеме, из-за привязки лучей к определённому участку местности по углам расположения, энергетический потенциал может упасть в два раза из-за попадания местоположения пользователя на край диаграммы направленности луча. То есть, многолучевая схема с многочастотным режимом разбивки для пользователей не даёт возможности направить луч непосредственно на пользователя, чего можно достичь при последовательном разделении во времени с учётом углового местоположения абонента.

Отсутствует возможность перехода в другую полосу частот при наличии мешающих воздействий с сужением луча и попаданием источника помех в ноль бокового лепестка диаграммы направленности, а также нет возможности увеличения потока информации как в Internet. Работа средств радиоэлектронной борьбы РЭБ на пилот-сигналах исключает работу систем типа Iridium, Globalstar.

Чтобы убрать указанные недостатки при наличии приемлемых масса -габаритных характеристик с увеличением коэффициента усиления, с обеспечением при этом увеличения количества пользователей или потока информации, а также с целью обеспечения многофункционального режима, надо:

Отказаться от многолучевого варианта с наличием диаграммо - образующих схем с использованием узкой полосы пропускания как недопустимого варианта для многофункционального применения из-за узкой полосы пропускания.

Поднять несущую частоту с переходом из L – диапазона (1,6 ГГц) в S – диапазон (2,7 ГГц), что позволяет увеличить полосу пропускания до 300 МГц, а это необходимо для многофункционального использования, хоть и может привести к сокращению габаритных размеров в 1,6875 раза

при том же коэффициенте усиления. При этом в варианте, который рассматривается ниже, потери в 2,85 раза, из-за перехода на более малую длину волны, компенсируются за счёт отказа от диаграммо - образующей схемы (в 1,6 раза), увеличением мощности в 1,625 раз, за счёт использования одночастотного режима обслуживания при тех же энергетических потерях, и увеличением общей площади полотна антенны под обтекателем (по сравнению с Iridium $(1,2 \text{ м}/0,93 \text{ м})^2=1,665$), что необходимо для многофункционального применения. Это даст по сравнению с системой Iridium общий выигрыш в 1,5 раза.

Для использования одночастотного режима, надо применить временное разделение обслуживания абонентов в лучах. Тогда, сочетание временного разделения с изменением направления по углам, в сторону конкретных абонентов будет происходить на максимуме диаграммы направленности. Это позволяет, при последовательном обслуживании во времени абонентов получить выигрыш по сравнению с вариантом многочастотного формирования лучей АФАР и поднять коэффициент усиления антенны с использованием той же площади антенны с переходом к более высокой несущей частоте.

Переход к более высокой несущей частоте расширяет полосу пропускания антенны и даёт возможность многократного использования диапазона частот без мешающих воздействий на другие радиоэлектронные средства из-за отстройки по несущей частоте с возможностью попадания в область наименьшего излучения по уровню бокового лепестка.

Необходимо использовать сокращение сектора углового обзора каждой антенны для увеличения её эффективной площади, как при приёме, так и при передаче, а для этого необходимо увеличить количество антенн по углам обзора.

Следует применить раскладывающуюся в космосе конструкцию антенн для уменьшения размеров в сложенном виде, по примеру солнечных панелей, но с гибким регулированием расположения антенн для многофункционального использования.

Определить такое количество антенн, чтобы их количество при приемлемых масса - габаритных характеристиках обеспечивало функции и характеристики не хуже уже существующих радиосистем.

Получить такой коэффициент усиления антенн с количеством приёмо-передающих модулей, который бы обеспечивал использование энергосберегающего одночастотного режима класса «В», а не многочастотного режима класса «А».

Определить такое количество подАФАР в одном полотне АФАР, чтобы была возможность сохранить необходимый режим работы ранее существующих систем связи с улучшением радиотехнических характеристик при многофункциональном применении.

Выбрать дальность работы с использованием оптимального количества КА с улучшением технико-экономических показателей, для применения в многофункциональных режимах. Например, в качестве локатора бокового обзора требуется высота полёта от 515 км до 650 км (ИСЗ Космос-1500).

Как уже отмечалось и будет показано ниже, из-за необходимости расширить полосу пропускания антенны, требуется переход из диапазона 1,6 ГГц в диапазон 2,7 ГГц. Это сокращает размеры антенны по площади в $(1,6875)^2 = 2,85$ раз при том же коэффициенте усиления. Если допустить, что в одном квадратном полотне АФАР, таких антенн будет четыре, то это позволяет поднять коэффициент усиления общей антенны из 4-х в 4 раза (в Iridium прямоугольное полотно с двумя антеннами). В итоге мы получим увеличение длины стороны по сравнению с шириной полотна Iridium $2/1,6875=1,185$ раз, то есть имеем $(0,93 \text{ м} \times 1,185)=1,1 \text{ м}$. Это вполне приемлемые размеры для образования одного парциального луча, но у Iridium таких парциальных лучей 48, и понятно, что в плоском варианте мы получим немыслимые размеры, которые не уместятся под обтекатель ракеты. Даже в сложенном виде мы будем иметь $48 \times 0,04 \text{ м}=1,92 \text{ м}$ при толщине одного полотна в 4 см. При этом проблема будет и в том, чтобы предусмотреть конструкцию разложения такого полотна, которое в плоском виде будет иметь размеры квадрата с длиной 26,4 метра. Отсюда получить выигрыш, с одной стороны, невозможно без складывающейся конструкции антенн под обтекателем ракеты, а с другой стороны, количество антенн должно обеспечивать оптимальное конструктивное решение, связанное с расположением антенн, их наклоном, повышением коэффициента усиления в сочетании со специальным индивидуальным обслуживанием каждого абонента. При этом желательно использовать временное разделение для одночастотного энергосберегающего режима класса «В», с выставлением узкого луча в нужном направлении на пользователя по данным от навигационной системы (можно и за счёт углового сканирования узким лучом с целью определения местоположения абонента). Соответственно, конструкция антенн должна быть с использованием излучателей на основе патч-антенн как в системе Iridium. Это позволяет использовать планарное размещение плат (параллельно плоскости антенны) при толщине не более 4 см, вместо «слотового» перпендикулярного размещения плат к плоскости антенны в случае волноводно-щелевых антенн (например, для локатора бокового обзора TerraSAR-X [7] с толщиной 15 см). При этом патч допускает использование любой поляризации сигнала, что важно для многофункционального режима. Необходимо отметить, что толщина в 4 см в полотне Iridium связана с диаграммо-образующей схемой Батлера, при её отсутствии толщина будет ещё меньше.

Проведём оценку оптимальной несущей частоты антенны с получением максимальной эффективной площади антенны, где ограничение сверху касается использования планарного размещения плат, а ограничение снизу связано с обеспечением необходимой полосы пропускания антенн на основе патч (излучателя) порядка 300 МГц для многофункционального режима

использования КА и размера полотен АФАР при размещении их под обтекателем ракеты.

Так, для учёта влияния среды необходимо с КА принимать навигационные сигналы с разнесением порядка более 200 МГц по несущим частотам. Например, для связи в [8] используется диапазон 2,35 ГГц - 2,55 ГГц (это полоса 200 МГц) с коэффициентом усиления порядка 14,5 дБ при КСВН<1,2, рисунок 8.

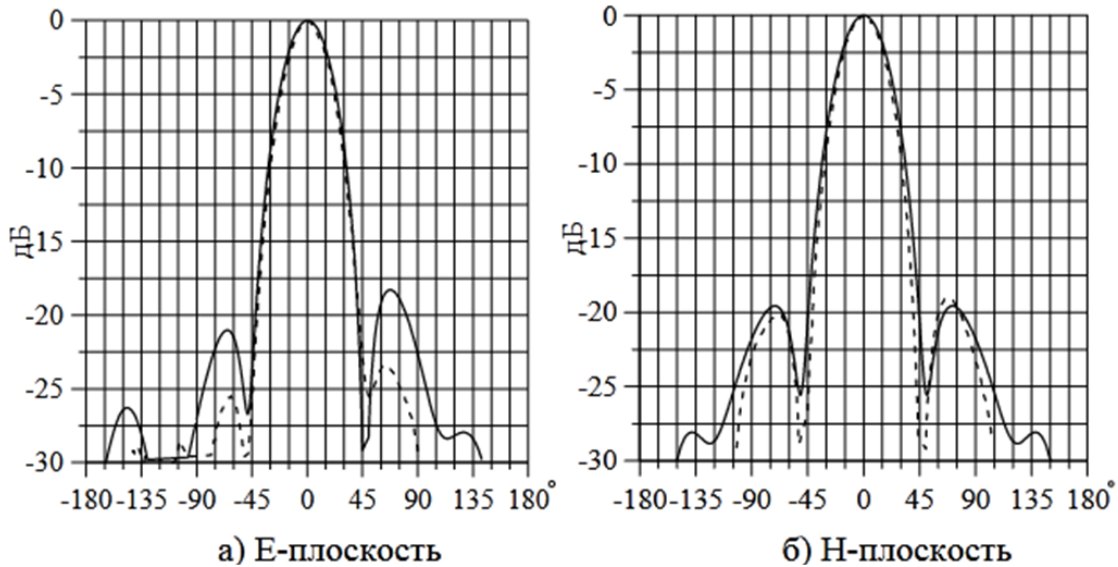


Рисунок 8. Антенна из 4-х элементов патч, моделирование это сплошные линии, штриховые линии это экспериментальные с шириной диаграммы направленности в 34 градуса.

Отметим, что эти значения в [8] соответствуют несущим частотам передатчика системы НССС Globalstar 2,4835 ГГц - 2,5 ГГц, но здесь в Globalstar есть сужение полосы пропускания из-за диаграммы – образующей схемы по схеме Бласса. Напомним, что для системы «Цикада» [9] этот разнос частот составляет 250 МГц (несущие частоты 150 МГц и 400 МГц). Поэтому для более точной оценки влияния среды распространяющегося сигнала желателно переходить на диапазон 2,7 ГГц – 3 ГГц с увеличением полосы пропускания, либо использовать иные способы по расширению диапазона. Как известно патч-антенна простейшей конструкции узкополосная (<5%) [10], но специальные технические решения позволяют расширить рабочую полосу частот до 50% и более или строить многодиапазонные антенны. Ширина полосы пропускания патч-антенны сильно зависит от расстояния между лепестком и металлической поверхностью играющей роль «земли». Чем ближе лепесток к «земле», тем меньше энергии излучается и больше запасается в ёмкости и индуктивности и тем выше добротность антенны. Грубо полосу пропускания антенны можно оценить по формуле:

$$\delta f / f_{res} = Z_0 \times d / (2 \times R_{rad} \times W). \quad (1)$$

Где d – расстояние от лепестка до земли, W – ширина лепестка (обычно половина длины волны),

Z_0 – импеданс воздушного промежутка между лепестком и землёй, R_{rad} – сопротивление излучения антенны, Относительная полоса пропускания антенны линейно зависит от её толщины. Характерное значение импеданса воздушного промежутка 377 Ом, а сопротивление излучения 150 Ом, что позволяет упростить формулу:

$$\delta f / f_{res} = 1,2 \times d / W. \quad (2)$$

Для квадратного лепестка на 3 ГГц, W будет 5 см. Толщина антенны в $d=0,5$ см (это обычное соотношение, которое берётся между квадратом лепестка и толщиной антенны, что видно по полосе пропускания антенны, используемой в [8], которая даже меньше $\{d/W = 0,2 [ГГц] / (1,2 \times 2,4 [ГГц]) = 0,07\}$) даст относительную ширину полосы пропускания 12%. Отсюда имеем полосу 360 МГц при 3 ГГц.. Напомним, что для ГЛОНАСС разнос частот между несущими частотами L1 и L2 составляет 356 МГц (для GPS порядка 347 МГц). Таким образом, проблема исключения влияния среды решается даже простым переходом в диапазон 3 ГГц. При такой частоте ещё допустимо планарное (параллельное) размещение плат по полотну антенны, в то время как при больших частотах уже требуется слотовое (перпендикулярное к полотну антенны) размещение плат, что даёт увеличение габаритных

характеристик. Однако для антенны [8] мы также можем довести полосу пропускания до 360 МГц, если возьмём соотношение $d/W = 0,36 [ГГц]/(1,2 \times 2,4[ГГц]) = 0,125$, при этом толщина патч будет порядка 0,78 см. Это в 5 раз меньше, чем толщина панели Iridium. Как будет показано ниже, это может быть необходимо при использовании диапазона от 2,4 ГГц до 2,7 ГГц. Понятно, что мы имеем выбор несущих частот в диапазоне от 2,35 ГГц до 3 ГГц. И преимущественный выбор будет

зависеть от размещения антенны под обтекателем ракеты и общего веса КА. Так, размеры антенны по варианту [8] при наличии в такой конструкции антенны 256 патч, что повышает коэффициент усиления антенны типа [8] (диапазон 2,35 ГГц - 2,55 ГГц) по сравнению с антенной Iridium в (256 патч/53 патч)=4,8 раз, составят $l = 165 [мм] \times 8 = 1,32 м$ (рисунок 9).

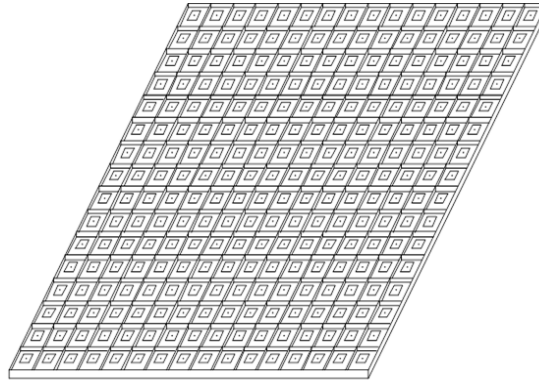


Рисунок 9. Вид АФАР в 3D.

Однако, это может потребовать для некоторых типов ракет специальный новый обтекатель, что может быть нежелательно, хотя размеры антенн КА Globalstar составляют 1,994 м×1,961 м×0,936 м, и так как запуски таких аппаратов осуществляются нашими ракетами, то размеры антенн с квадратом площади 1,32 м×1,32 м вполне допустимы. Отметим, что при взятии за элемент в качестве прототипа антенну [8] при наличии 256 патч, мы должны были бы получить коэффициент усиления 1965,376 (32,9 дБ), и это позволяет уменьшить размеры антенны при использовании диэлектрического наполнителя пространства между лепестком и «землей», за счёт уменьшения при этом коэффициента усиления до 30 дБ. Можно

также перейти в более высокий диапазон несущих частот в районе 2,7 ГГц - 3 ГГц. В этом случае размер антенны при 2,7 ГГц сокращается до $l_1 = 165 [мм] \times 8 \times 2,4[ГГц]/2,7[ГГц] = 1,17 м$. Это, практически совпадает с тем размером, который мы вычислили на основе разницы частот выше при сравнении с площадью антенны Iridium. Кроме того, в АНО «НТИЦ «Техком» г.Москва была создана панель предлагаемой антенны с размерами 1,2 [м] × 1,2[м], в полосе частот 2,7-2,9 ГГц и проведены испытания, которые дали коэффициент усиления антенны порядка 30 дБ при ширине диаграммы направленности около 6 градусов, рисунок 10.

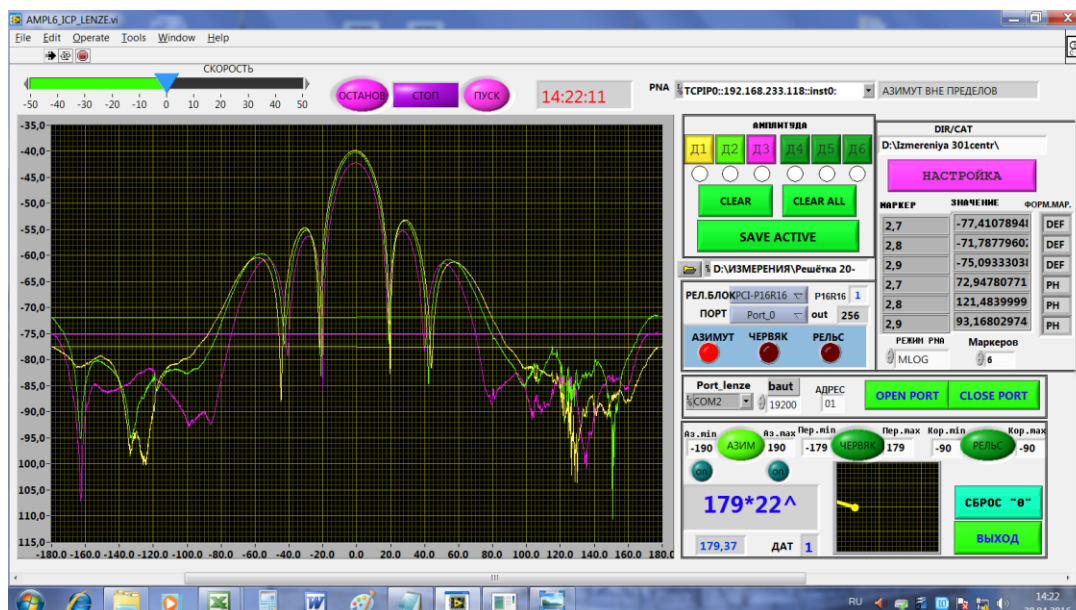


Рисунок 10. Испытания АФАР проведённые в безэховой камере при относительных единицах измерения.

Такой размер антенны уместается под существующие обтекатели большинства ракет для космических запусков. Надо отметить, что под обтекателем ракеты по рисунку 1 располагаются антенны для Globalstar размерами 1,994 м×1,961 м×0,936м, что требует диаметр обтекателя под 2 метра.

Мы исходим из многофункционального режима использования КА НССС, с исключением ухудшения радиотехнических характеристик, поэтому конструкция антенн и их расположение должны выполнять функции, в том числе и такой системы как Iridium. А это означает, что конструкция антенн должна предусматривать одновременное излучение и приём по 48 лучам как в Iridium (по крайней мере, на первом этапе вхождения в связь абонентом с использованием одночастотного режима) без ухудшения радиотехнических характеристик. Кроме того, можно обеспечить с помощью предлагаемой конструкции и межспутниковую связь, которая есть в Iridium, желательно с круговым вхождением в связь по азимуту с другими КА НССС при минимальном угле отклонения луча от нормали не более ±15°. Так, в системе Iridium есть межспутниковая связь на частоте 23,18 ГГц -23,38 ГГц с полосой 200 МГц. Всего каждый КА, для осуществления межбортовой связи, имеет 4 антенны и 4 тракта радиоэлектронного оборудования. В качестве антенн применены щелевые антенные решетки с усилением 36 дБ, управление диаграммой направленности каждой из антенн осуществляется по азимуту в пределах ±5°. Понятно, что такие углы отклонения 4 антенн в ±5° не обеспечивают режим межспутниковой связи по

всем углам (±5° × 4 = ±20°), что сокращает время возможной связи и требует повышения скорости передачи информации. При этом, план частот предусматривает размещение в полосе 200 МГц 8-ми отдельных частотных полос для исключения взаимных помех между каналами. Скорость передачи в каждой линии 25 Мбит/сек (общая скорость передачи информации 200 Мбит/сек). Есть также метод временного разделения каналов, структура кадра неизвестна.

Используя 15 полотен по 256 патч, мы можем получить 60 отдельных парциальных антенн по 64 патч, которые будут эквивалентны 6 антеннам Iridium, которые состоят из 53 патч. Оценим возможности обслуживания пользователей при дальности $D=2500$ км, высоте КА в 650 км, диаметре обслуживаемого пятна $D_n=4852$ км и частоте $f=2,7$ ГГц ($\lambda = 0,111$ м) с коэффициентом усиления для каждой антенны КА из четырёх в одном полотне (панели) $G_{прд}=251$ (24 дБ). Напомним, что для Iridium получилось 23,4 дБ. Ненаправленная антенна пользователя имеет $G_{прм}=G_{аб}=0,5$ (-3 дБ), считаем, что мощность передатчика КА на один луч $P_{прд}=(8 \text{ Вт} \times 1,6,25)=13$ Вт с учётом повышения к.п.д. за счёт режима класса «В» в одночастотном режиме, и выбираем отношение сигнал/шум $q=20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-5} - 10^{-6} [11], для Iridium в разговорном (телефонном) режиме (ТЛФ) это 10^{-3} - 10^{-4}), при шумовой температуре $T_u=600$ К, соответственно в формуле k – постоянная Больцмана. Необходимая полоса частот мобильного устройства для возможного приёма кодового сигнала навигации (потока информации) вычисляется по формуле:

$$F_{прм} = P_{прд} \times G_{прд} \times G_{прм} \times \lambda^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_u \times D^2] = \tag{3}$$

$$= 13 \times 251 \times 0,5 \times (0,111)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (2,5 \times 10^6)^2]$$

$$= 0,123 \text{ МГц.}$$

Теперь вычислим аналогичную полосу пропускания исходя из параметров системы Iridium. При высоте 780 км и диаметре пятна 5185,6 км мы имеем наклонную дальность 2673 км. Потери из-за схемы Батлера составляют 1,6 раза, что даёт выходную мощность в 5 Вт (отметим, что в некоторых обзорах по системе Iridium

предполагается суммарная мощность передатчиков КА в 120 Вт [12], что при 48 лучах составляет 2,5 Вт на луч), частота $f_u = 1,6$ ГГц ($\lambda_u = 0,1875$ м), остальные параметры считаем аналогичными. Отсюда имеем:

$$F_{прми} = P_{прди} \times G_{прди} \times G_{прми} \times \lambda_u^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_u \times D_u^2] = \tag{4}$$

$$= 5 \times 251 \times 0,5 \times (0,1875)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (2,673 \times 10^6)^2] = 0,19 \text{ МГц.}$$

Это лучше, чем для случая предлагаемого варианта в 1,5 раза и это связано с меньшей площадью антенны для отдельного парциального луча. Если исходить из мощности 2,5 Вт по [12], то преимуществ у Iridium нет. Кроме того расчёты проводились без учёта многочастотного режима для обслуживания 1100 пользователей. При 8 последовательных слотах и 3-х параллельных каналах по частоте мы получим полосу в 0,063

МГц. Напомним, что для Iridium скорость передачи информации составляет 50 кБит/сек, то есть наши расчёты соответствуют реальным значениям. Соответственно, мы не учитываем тот факт, что у нас лучи на абонента выставляются независимо от частоты и практически на максимум диаграммы направленности, а в случае Iridium абонент может попадать на край ширины диаграммы направленности, что снижает чувствительность в 2

раза. Кроме того при наличии 15 полотен АФАР с делением на 4 подАФАР, мы имеем 60 лучей, из которых 2 подАФАР в каждом полотне АФАР могут быть синфазно объединены при обзоре в зоне максимальной дальности. В этом случае энергетический потенциал такой общей антенны за счёт увеличения коэффициента усиления антенны и мощности может быть увеличен в 4 раза при необходимости. И это означает, что в дальней зоне мы имеем преимущество в 2,67 раза по сравнению с Iridium. Отметим, что вариант работы на 48 лучей, одновременно, будет использоваться только для передачи сигнала от КА и приём сигнала от абонента на КА в начальный момент вхождения в связь в одночастотном режиме. Далее будет использоваться последовательный способ обслуживания во времени по угловым секторам расположения абонентов в виде слотов, что позволяет нам использовать всё полотно АФАР или его половину для формирования узкого луча в нужном направлении на каждого из последовательно обслуживаемых пользователей с учётом необходимой мощности по дальности и сужением луча. То есть, парциальные антенны, в дальней зоне могут объединяться с соответствующими другими ближайшими парциальными антеннами и даже панелями антенн, что позволяет повысить энергетический потенциал, особенно при большой дальности, в 4-16 раз, и можно довести полосу пропускания до 0,492 МГц - 1,97 МГц, что лучше, чем в системе Iridium. Мощность в импульсе также можно регулировать до необходимой величины с учётом дальности до абонента. Таким образом, преимущество предлагаемой конструкции заключается в том, что мы можем поднять как коэффициент усиления антенны в нужном направлении, так и мощность за счёт правильного распределения с учётом

дальности до абонента. Отсюда проигрыш в площади одной парциальной антенны при переходе на более высокую частоту компенсируется отказом от диаграммо - образующей схемы, с выставлением луча непосредственно на абонента, использованием повышения мощности излучения в зависимости от дальности и переходом на последовательный одночастотный вариант обслуживания абонентов с учётом уже площади большей, чем площадь одной парциальной антенны в 2-4 раза.

Напомним, что для Iridium полоса пропускания составляет 50 кГц, что даёт 50 кбит/сек при битовой ошибке 2×10^{-2} при отношении сигнал/помеха 6,1 дБ ($q=4,07$ раза) [12]. Таким образом, даже при использовании одного парциального луча с количеством 64 патч в полотне предлагаемой АФАР мы будем иметь как минимум аналогичные характеристики по полосе пропускания в режиме «дозвона» класса «В», в котором, кстати, не требуется скорость передачи информации даже 2,3 кбит/сек, так как фактически используется режим смс-сообщений.

Теперь вычислим полосу пропускания для межспутниковой связи при расстоянии между спутниками $D_n=4852$ км, частоте $f=2,7$ ГГц ($\lambda = 0,111$ м), при коэффициенте усиления приёмной и передающей антенны $G_{прм}=G_{прд}=251$ (24 дБ), при мощности передатчика КА на один луч $P_{прд}=13$ Вт с учётом повышения к.п.д. за счёт режима класса «В» в одночастотном режиме и отношении сигнал/шум $q=20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-5} - 10^{-6} [11]), шумовой температуре $T_u=600$ К, k – постоянная Больцмана. Необходимая полоса частот устройства КА для возможного приёма кодового сигнала навигации (потока информации) вычисляется по формуле:

$$F_{прмка} = P_{прд} \times G^2 \times \lambda^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_u \times D_n^2] = \quad (5)$$

$$= 13 \times 251^2 \times (0,111)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (4,852 \times 10^6)^2]$$

$$= 8,19 \text{ МГц.}$$

При этом общий поток от 12 антенн из 60-ти выделяемых для межспутниковой связи составит 98,35 Мбит/сек. Это конечно меньше, чем скорость передачи в 200 Мбит/сек, однако, если учесть передачу по межспутниковой связи в режиме приём-передача от 6000 пользователей одновременно (для Iridium это 1100 пользователей), то в этом случае скорость передачи информации на одного пользователя при скважности 2 будет равняться 8,19 кбит/сек (для Iridium 4,6 кбит/сек), что вполне достаточно при межспутниковой связи по азимуту по всем 360°. Теперь рассмотрим вариант применения межспутниковой связи в случае объединения попарно двух подАФАР (рисунок 11) на каждом полотне при приёме и передаче в дальней зоне. С увеличением при этом мощности в два раза, мы получим энергетический потенциал в 8 раз выше (с учётом объединения двух парциальных антенн при приёме и передаче), что

обеспечит возможность передачи 65,52 Мбит/сек. Этот режим мы можем реализовать при той же полосе частот в 38 МГц в режиме QPSK одновременно по 6 направлениям, и это даст общий поток в 393,12 Мбит/сек, а это уже больше, чем поток в 200 Мбит/сек при энергопотреблении 320 Вт. Однако, и это не предел. Если использовать всё полотно на приём и на передачу при межспутниковой связи, то мы получим энергетический выигрыш в $4 \times 4 \times 4 = 64$ раза по сравнению с вариантом по формуле (5) с возможной полосой пропускания в 524 МГц. Реализация такого потока возможна, но при наличии многочастотного варианта при передаче параллельно на 4-5 каналах с разделением по частоте в режиме QAM, а это снижает к.п.д. до 30%. Соответственно при 3-х направлениях мы будем иметь энергетические потери $3 \times 52 \text{ Вт} / 0,3 = 520 \text{ Вт}$ при потоке $3 \times 524 \text{ Мбит/сек} = 1572 \text{ Мбит/сек}$. При

этом на режим связи с абонентами при 48 лучах будет потребление в одночастотном режиме $(48 \times 13 \text{ Вт}) / (2 \times 0,3 \times 1,625) = 640 \text{ Вт}$ при скажности $Q=2$. В сумме получается 1,16 кВт, а это энергопотребление меньше, чем у Iridium (1,4 кВт). При скажности 2 мы будем иметь межспутниковую связь с потоком 786 Мбит/сек. Собственно такой поток можно использовать и для передачи данных от Internet и от локатора бокового обзора.

Таким образом, при многофункциональном использовании предлагаемой конструкции, мы на передачу должны иметь для обслуживания подспутникового пятна 48 лучей, которые могут

объединяться при необходимости, и ещё можем иметь дополнительно 12 лучей для реализации межспутниковой связи. Иными словами мы за счёт предлагаемой конструкции можем с учётом межспутниковой связи, причём с гораздо лучшими радиотехническими параметрами, передавать информацию от локатора бокового обзора, радиовысотомера и Internet. В этом случае общее количество лучей равняется 60-ти, с учётом разбиения каждого полотна (панели) АФАР на 4 секционных АФАР с коэффициентом усиления в 24 дБ по рисунку 11, мы будем иметь 15 полотен (панелей) АФАР.

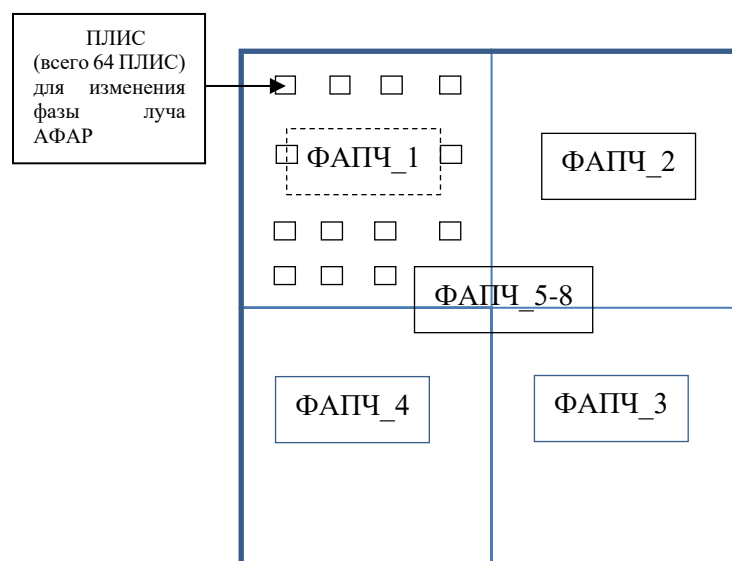


Рисунок 11. Расположение 4-х секционных АФАР (подАФАР) с наличием фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и малоразмерных программно-логических интегральных схем (ПЛИС) для изменения положения луча при работе устройства по способу в режиме Iridium при 60 лучах одновременно с разбиением полотна антенны на 4 зоны по 64 элемента ПАТЧ (всего 256 активных элемента в полотне АФАР).

При этом возможно иметь вариант АФАР всего полотна, вариант по два подАФАР в разной комбинации, вариант 3-х подАФАР и 1 подАФАР в разной комбинации, и вариант 4-х подАФАР с регулированием коэффициента усиления. Следует отметить, что минимальный выбор количества подАФАР в полотне связан с выполнением функций аналоговых системы Iridium без ухудшения характеристик по количеству обслуживаемых абонентов и чувствительности, а также соответствует многочастотному режиму связи со шлюзовой станцией. Максимальное количество подАФАР ограничивается ростом энергетических потерь из-за обработки сигнала, связанное с добавлением на каждую подАФАР АЦП, ЦАП, ПЛИС, балансного модулятора и демодулятора, что и определило выбор в 4 подАФАР. Отсюда вывод: способ складывающейся конструкции антенн с размещением под обтекателем космической ракеты в виде 15 полотен АФАР с возможным разбиением каждого полотна на 4 подАФАР с коэффициентом усиления равным лучу АФАР системы Iridium, не только не ухудшает характеристики предлагаемого КА НССС в

сравнении с КА НССС Iridium, но позволяет взять ещё дополнительно функцию межспутниковой связи, и расширить полосу пропускания до 300 МГц. Надо отметить, что использование 4-х подАФАР в одном полотне с одним угловым наклоном определяется необходимостью передачи большого потока информации с разделением по частоте при связи с наземными пунктами (шлюзовые станции), где обеспечивается необходимый энергетический потенциал и главный фактор - это скорость передачи данных. Полоса в 300 МГц позволяет отстраиваться от других радиоэлектронных средств и не мешать им в этом диапазоне частот. Кроме того, появляется возможность повышения энергетического потенциала в нужном направлении и в нужное время в $(4[\text{усиление антенн подАФАР}] \times 4[\text{мощность в луче подАФАР}]) = 16$ раз по сравнению с вариантом системы Iridium, и использовать гибкое изменение мощности в зависимости от дальности до пользователя с увеличением количества пользователей при применении одночастотного режима излучения (режим класса «В») с увеличением коэффициента

полезного действия. Иными словами наше устройство имеет лучшую адаптацию к случаю неравномерного распределения абонентов по поверхности Земли. Таким образом, с учётом размеров Globalstar, мы сохраняем режимы работы КА НССС Iridium с размещением складывающейся конструкции антенн с возможной длиной стороны антенны от 1 м до 1,9 м (диапазон несущих частот

от 1,7 ГГц до 3,2 ГГц) под обтекателем корпуса ракеты. При этом конечно оптимум достигается с учётом общего веса КА и получением полосы пропускания для антенны в 300 МГц в многофункциональном режиме при 60 лучах и 15 полотён АФАР с появлением дополнительных преимуществ. В разложенном виде мы будем иметь вид по рисунку 12.

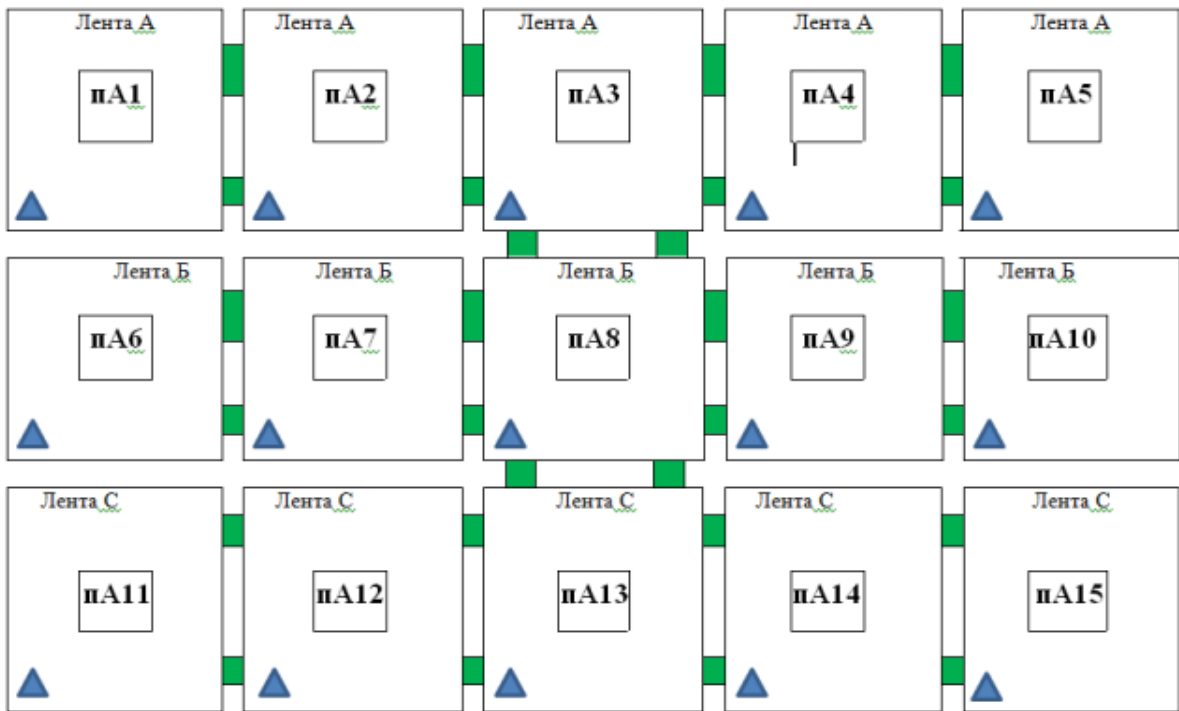



Рисунок 12. АФАР S – диапазона. Вид со стороны электронных блоков.

1 – на этом рисунке весь АФАР представлен для наглядности в одну плоскость;

2 – весь АФАР состоит из 15 одинаковых плоских полотён подАФАР (пА1÷пА15);

3 – каждое полотно имеет геометрические размеры в соответствии с учётом длины волны;

4 –  ямоугольник обозначает механическую петлю (шарнир, элемент крепления, поворота и фиксации каждого полотна подАФАР);

Соответственно предлагаемая конструкция имеет сложенный вид при запуске с раскрытием общей апертуры в космосе. Если обеспечить такое раскрытие в виде общего плоского полотна, то при обеспечении фазовой синхронизации по всем 15-ти полотнам можно получить общий коэффициент

усиления антенны порядка $251 \times 4 \times 15 = 15060$ (41,8дБ). Такой коэффициент усиления сравним с коэффициентом усиления радиовысотомеров [13], приведённых в таблице 1.

Технические характеристики современных спутниковых радиовысотомеров							
Параметр	Seasat-A	Geosat-A	Topex	Poseidon	ERS	MOS-2	Poseidon 2 & 3 (Jason-1,2)
Средняя высота орбиты, км	800	800	1300	1300	800	570	1336
Несущая частота, ГГц	13,5	13,5	13,5/5,3	13,65	13,5	19,8	13,6(Ku)/5,3(C)
Импульсная мощность, кВт	2	0,02	0,02	0,02	0,05	1,2	0,02/0,03
Длительность импульса, мкс	3,2	102,4	102,4	102,4	20	3,2	105,6
Полоса модуляции, МГц	320	320	320	320	330/82,5	320	320/100-320
Частота повторения, КГц	1,02	1,02	4/1	1,7	1,0	1,0	1,68-1,8/0,3-0,45
Ширина ДНА, град.	1,6	2,1	1,1/3,4	1,1	1,3	1,5	1,3/3,4
Точность (высота), м	0,1	0,04	0,035	0,1	0,1/0,4	0,1	0,025...0,035
Точность (волны), м	1,5±10%	1,0±10%	0,4±10%	0,5±10%	0,5±10%	-	0,3±10%
Потребляемая мощность, Вт	165	130	70	70	-	-	70
Масса, кг	94	86,6	-	40	-	-	68 with antenna

Так в соответствии с [6] при ширине диаграммы направленности по азимуту α и ширине диаграммы направленности по углу места β мы будем иметь коэффициент усиления антенны G по формуле:

$$G \approx 35500/(\alpha \times \beta). \tag{6}$$

Отсюда при ширине диаграммы направленности в 1,6 градуса по азимуту и углу места (Seasat-A), мы имеем коэффициент усиления радиовысотомера $G_p=13867$ (41,4 дБ). Таким образом, нам желательно иметь не фиксированный раскрыв в виде «гармошки» для замещения функций системы Iridium, а допустить раскрыв с изменением расположения полотен в зависимости от требуемого режима работы для увеличения общего коэффициента усиления антенны при

синфазном излучении. Однако, если сравнивать предлагаемый вариант с радиовысотомером типа Seasat-A, то функция радиовысотомера не требует полного разложения антенн предлагаемого КА в общую плоскость. Здесь будет достаточно использовать для функций радиовысотомера одно нижнее полотно.

Действительно, при мощности радиовысотомера Seasat-A $P_p=2$ кВт, ширине ДНА АФАР $1,6^\circ$ ($G_p=13867$ или 41,4 дБ), $f_p = 13,5$ ГГц ($\lambda_p = 0,022221$ м), вычислим необходимую полосу пропускания F_p для разрешения объектов размером $\sigma = 1$ м², при дальности $D_p=800$ км, скважности $Q_p=306$, отношении сигнал/шум $q=20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-5} - 10^{-6} , шумовой температуре $T_{ш}=600$ К, k – постоянная Больцмана:

$$F_p = P_p \times G_p^2 \times \lambda_p^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times Q_p \times q \times k \times T_{ш} \times D_p^4] = \tag{7}$$

$$= 2000 \times 13867^2 \times (0,022221)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 306 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (0,8 \times 10^6)^4] =$$

$$= 0,0579 \text{ ГГц.}$$

Это означает, что получается узкополосная система, и это требует накопления импульсов.

Для нашего варианта при мощности $P_{p1} = 256 \times 7 \text{ Вт} = 1792 \text{ Вт}$ при дальности $D_{p1}=650$ км,

ширине ДНА АФАР 6° с усилением $G_{p1}=986$ раз (29,93 дБ), $f_{p1} = 2,7$ ГГц ($\lambda_{p1} = 0,111$ м), при той же скважности и другими такими же параметрами имеем полосу пропускания:

$$F_{p1} = P_{p1} \times G_{p1}^2 \times \lambda_{p1}^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times Q_p \times q \times k \times T_{ш} \times D_{p1}^4] = \quad (8)$$

$$= 1792 \times 986^2 \times (0,111)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 306 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (0,65 \times 10^6)^4]$$

$$=$$

$$= 0,015 \text{ Гц.}$$

Это означает, что в предлагаемом варианте мы при 1,792 кВт в импульсе имеем проигрыш в 3,8 раза по сравнению с Seasat-A. Однако, если скважность для предлагаемой конструкции будет равна $Q_{p1}=306/3,8=80,5$ (это вполне допустимо, так как скважность в других радиовысотомерах может доходить и до $Q=3$, а предлагаемая скважность в 7,4 раза лучше, чем скважность для мобильного устройства Iridium в $Q=10,9$), то характеристики по полосе пропускания будут одинаковы и равны 0,0579 Гц. При этом, средняя мощность на нижнее полотно будет 22,27 Вт, при допустимой средней мощности на полотно АФАР в режиме Iridium $13 \text{ Вт} \times 4/2 = 26 \text{ Вт}$. Однако, если обеспечить режим синхронизации по несущей частоте и фазам элементов патч, для 3-х нижних полотен КА, то мы даже можем поднять коэффициент усиления общей антенны состоящей из 3-х полотен с учётом того, что два соседних крайних полотна имеют отклонение от горизонтали среднего полотна $\pm 30^\circ$ и с сокращением их площади в 0,866 раз. В этом случае общая площадь антенны и коэффициент усиления возрастёт $2 \times 0,866 + 1 = 2,732$ раза с получением общей ширины диаграммы направленности $2,1961^\circ \times 6^\circ$, при этом мощность от трёх АФАР возрастёт в 3 раза. Отсюда при скважности $Q_p=306$ получим выигрыш в 2,15 раз, а при скважности $Q_{p1}=80,5$ имеем полосу пропускания при работе в варианте нашей конструкции 0,4745 Гц, что лучше варианта Seasat-A. в 8,196 раза. Это позволит увеличить чувствительность во столько же раз. Таким образом, мы даже в варианте «гармошки» можем использовать режим радиовысотомера с улучшенными характеристиками, не прибегая к конструктивным изменениям.

Рассмотрим теперь вариант возможности предлагаемого устройства антенн АФАР КА НССС в режиме локатора бокового обзора TerraSAR-X. У

него высота орбиты 514,8 км и масса 1209 кг, отклонение нормали к плоскости АФАР от надира $33,8^\circ$. Иными словами от горизонтальной поверхности Земли отклонение $33,8^\circ$. Для АФАР угол сканирования по углу места $\pm 20^\circ$, а по азимуту $\pm 0,75^\circ$. Время работы составляет 10 минут за один виток при потребляемой мощности 800 Вт. Интервал повторной съёмки составляет 2,5 суток. Для связи в TerraSAR-X используется высокоскоростная линия передачи X - диапазон 300 Мбит/сек. При этом для АФАР размерами $4784 \text{ м} \times 754 \text{ мм} \times 150 \text{ мм}$ используются 12 панелей по 32 излучающих волноводно-щелевых элемента с вертикальной и горизонтальной поляризацией (всего 384 элемента с приёмо-передающими модулями по 6-7 Вт с переключением на вертикальную и горизонтальную поляризацию с суммарной мощностью излучения с учётом потерь 2260 Вт). Ширина ДНА АФАР при равномерном распределении поля по раскрытию составляет $0,33^\circ$ по азимуту и $2,3^\circ$ по углу места (усиление 46772 раз или 46,7 дБ), это в 3 (4,9 дБ) раза выше, чем в случае полного раскрытия АФАР полотен в плоском предлагаемом варианте по рисунку 12. Однако, вычислим необходимую полосу пропускания F_l для разрешения объектов размером в $\sigma = 1 \text{ м}^2$ для TerraSAR-X, при коэффициенте усиления антенны $G_l=46,7 \text{ дБ}$ (46772 раз), при дальности $D_l=916 \text{ км}$ (если исходить из угла отклонения луча по углу места в 20 градусов от нормали к полотну), частоте $f_l = 9,6 \text{ ГГц}$ ($\lambda_l = 0,03125 \text{ м}$), при мощности передатчика в импульсе $P_l = 7 \text{ Вт} \times 384 = 2688 \text{ Вт}$, скважности $Q_l=6,66$, отношении сигнал/шум $q=20$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала $10^{-5}-10^{-6}$, шумовой температуре $T_{ш}=600 \text{ К}$, k – постоянная Больцмана. Вычисление проведём по формуле:

$$F_l = P_l \times G_l^2 \times \lambda_l^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times Q_l \times q \times k \times T_{ш} \times D_l^4] = \quad (9)$$

$$= 2688 \times 46772^2 \times (0,03125)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 6,66 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (0,916 \times 10^6)^4] = 46,8 \text{ Гц.}$$

Для предлагаемого варианта, при дальности $D_l=916 \text{ км}$, частоте $f_{l1}=2,7 \text{ ГГц}$ ($\lambda_{l1} = 0,111 \text{ м}$), при той же общей мощности передатчика в импульсе $P_l = 0,7 \times 3840 = 2688 \text{ Вт}$, коэффициенте

усиления $G = 251 \times 4 \times 15 = 15060$ (41,8дБ), скважности $Q_l=6,66$, полоса пропускания составит:

$$F_{l1} = P_l \times G^2 \times \lambda_{l1}^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times Q_l \times q \times k \times T_{ш} \times D_l^4] = \quad (10)$$

$$= 2688 \times 15060^2 \times (0,111)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 6,66 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (0,916 \times 10^6)^4] = 61,3 \text{ Гц.}$$

То есть, фактически для разрешения объекта в 1м² предлагаемый вариант конструкции антенн в виде общей плоской антенны, при тех же параметрах мощности и дальности не уступает варианту TerraSAR-X. Кроме того, на каждый излучатель в антеннах у нас приходится всего 0,7 Вт, что позволяет нам в соответствующие короткие промежутки времени для обзора необходимых участков местности повысить мощность в 10 раз с возможным увеличением дальности до объектов до

1628 км. Дополнительная энергия для этого может быть взята при использовании поверхности 14-ти полотен антенн с обратной стороны для солнечных панелей. Собственно и для работы в режиме радиовысотомера за счёт добавочных солнечных батарей мы также имеем преимущество в возможности повышения мощности.

Ниже, в таблице 2 приведены характеристики солнечных батарей (СБ) [14].

Таблица 2.

Характеристики перспективных СБ

Параметр	Spectrolab (перспективный уровень)	ФЭП AZUR каркас ОАО «РКК «Энергия им. С.П. Королева»	ФЭП AZUR каркас ОАО «ИСС им. академика М.Ф. Решетнева»	ФЭП AZUR каркас НПО им. С.А. Лавочкина, ОНИИП «Технология»
КПД ФЭП, %	28.2*...29.5	29.1		31
Удельная масса ФЭП, кг/м ²	0.732			0.732 (0.453**)
Удельная мощность на начало САС по ФЭП, Вт/м ²	330 (366)	356	360	381
Удельная мощность на 15 лет САС по ФЭП, Вт/м ²	260 (290)	279	272	293
Удельная масса БФ, кг/м ²	1.75	1.60	1.5...1.6	1.33...1.40 (~1.0**)
Удельная масса каркаса, кг/м ²	0.6...0.8*	>1.0	0.7	0.4...0.5
Удельная масса СБ (БФ+каркас), кг/м ²	2.35...2.55	>2.6	2.2...2.3	1.73...1.90 (<1.5**)
Удельная масса СБ (БФ+каркас), кг/кВт	8.1...8.8	-	7.58...7.93	5.1
Примечания: Характеристики даны без учета массы узлов раскрытия, зачекочки и транзитных кабелей *-ориентировочное значение **-в случае применения ФЭП толщиной 80 мкм				

При удельной мощности 293 Вт/м², при половине антенн освещённых солнцем (7 антенн×1,44 м²), мы получим энергетическую прибавку в 2953 Вт. Напомним, что для работы TerraSAR-X в течении 10 минут за один виток требуется 800 Вт.

Однако при ведении боевых действий необходимо дистанционное зондирование Земли в непрерывном режиме во времени, особенно в зоне непосредственного соприкосновения. В этом случае можно применить зондирование, когда КА передаёт сигналы зондирования, а приём сигнала зондирования осуществляется на антенну ЛА или аэростата в режиме барражирования в зоне фронта

[15]. При этом привязка по местности осуществляется по данным навигации и работа только на приём обеспечивает скрытность. В этом случае общая дальность от КА до зоны зондирования может достигать порядка $D_{лз}=2500$ км, что соизмеримо с зоной полного покрытия, а от ЛА (аэростата) до зоны зондирования $D_{ла}=25$ км. Для нашего варианта при мощности $P_{p1} = 256 \times 7Вт = 1792Вт$, ширине ДНА АФАР 6° с усилением $G_{p1}=986$ раз (29,93 дБ) при приеме на ЛА (или аэростате) и передаче от КА необходимую полосу пропускания можно вычислить по формуле:

$$F_{\text{ла}} = P_{\text{р1}} \times G_{31}^2 \times \lambda_{\text{л1}}^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times Q_{\text{л}} \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_{\text{лз}}^2 \times D_{\text{ла}}^2] = \quad (11)$$

$$= 1792 \times 986^2 \times (0,1111)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 6,66 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (2,5 \times 10^6)^2 \times (2,5 \times 10^4)^2] = 38,46 \text{ Гц.}$$

Данный режим обеспечивает дистанционное зондирование Земли с аналогичным накоплением зондирующих импульсов по мере перемещения КА по орбите при средней мощности излучения 271,5 Вт. При этом, режим разнесения передачи и приёма при зондировании Земли позволяет работать с накоплением импульсов зондирования в течение нескольких минут при использовании одномоментно одного полотна АФАР на КА со сменой полотен для выставления в одно и то же место по мере движения КА в варианте реального масштаба времени. Это повышает отношение сигнал/шум за счёт накопления сигнала (по сравнению с TerraSAR-X нам требуется повысить накопление всего в 1,2 раза). Надо отметить, что в США провели эксперимент с применением сигналов GPS для дистанционного зондирования Земли с разнесением приёмника и передатчика, но при этом получалась низкая разрешающая способность из-за низкой скорости фазовой манипуляции, которая должна быть не менее 150 Мбит/сек. Однако с учётом того, что время распространения сигнала зависит от частоты и имеет значение 3-4 метров, можно повысить разрешающую способность до необходимой величины используя при ФКМ сигнале в 40-50 Мбит/сек несущие частоты в пределах полосы пропускания антенны порядка 300 МГц с наложением и суммированием рельефа местности от сигналов разных несущих частот. Сочетание

передаваемых ФКМ – сигнала и ЛЧМ сигнала, вместе или последовательно, а также использование нескольких точек приёма сигнала, также улучшит разрешающую способность.

Теперь покажем преимущество предлагаемого варианта для режима Internet по сравнению с вариантом OneWeb.

Мы видим, что последние несколько лет на рынке спутниковой связи особое внимание уделяется системам, реализуемым на основе многолучевых низкоорбитальных спутников. Среди этих проектов выделяется проект LEO-HTS OneWeb. Здесь предполагается высота орбиты 1200 км и многосигнальный режим со скоростью потоков информации в режиме TDMA(FDMA) от 1,2 до 20 Мбит/сек.

В [16] указано, что граница зоны обслуживания одного спутника OneWeb определяется минимальным углом места абонентского терминала в 55 град. Это соответствует видимости Земли со спутника конуса с углом раскрытия 57,7 град. Диаметр зоны радиовидимости спутника с Земли в этом случае составляет примерно 1400 км. Используются Ku - диапазон (10,7–18 ГГц) и Ka - диапазон (26,5–40 ГГц). Антенна Ku-диапазона формирует близкую к квадрату 48×48 град. угловую зону обслуживания по уровню усиления - 3 дБ от максимума, состоящую из 16 абонентских лучей, Рисунок 13.

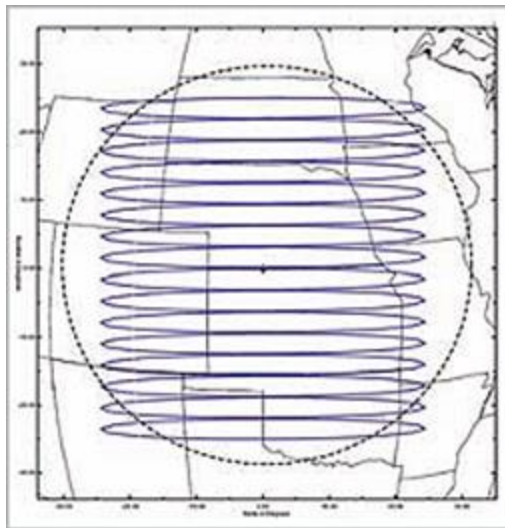


Рисунок 13. Расположение лучей спутника OneWeb.

Из рисунка 13 видно, что при весе самого спутника в 147,7 кг, антенный блок должен иметь простейшую конструкцию, что достигается как видно из рисунка 2 использованием щелевой антенной решётки с управлением лучом за счёт несущей частоты (можно предположить, что

используется схема Бласса, как в Globalstar с 16-ю лучами).

Предполагается, что абонентские терминалы в системе OneWeb будут иметь размер антенн 0,3–0,75 м. Ширина ДН-антенны 0,3 м по приёму составляет примерно 6 град., а по передаче

примерно 7,5 град. по уровню - 3 дБ. Естественно, что на абонентский терминал, расположенный в зоне пересечения лучей, будут воздействовать помехи от своих спутников, а множество таких терминалов будет генерировать помехи для спутников в соседних орбитальных плоскостях. Этот процесс будет усиливаться по мере удаления от экватора.

Система OneWeb заявлена как система, предоставляющая услуги на глобальной основе. В техническом плане это означает, что в любой момент времени в любой точке поверхности Земли для наземного абонента должен быть доступен хотя бы один спутник системы, который, в свою очередь, имеет доступ к наземной станции сопряжения.

Так как в системе не используются межспутниковые линии связи, то для обеспечения "глобальности" зоны обслуживания потребуется развернуть достаточно большое число шлюзов. Проведём энергетический расчёт по системе связи OneWeb, так как компания собирается развернуть на орбите сеть из 600 аппаратов.

После развёртывания сети компания планирует начать предоставление услуг высокоскоростного доступа в сеть в глобальном масштабе на частотах Ku - диапазон (10,7–18 ГГц) и Ka - диапазон (26,5–40 ГГц).

При расчёте учтём, что антенна Ku-диапазона формирует близкую к квадрату 48×48 град. угловую зону обслуживания по уровню усиления - 3 дБ от максимума, состоящую из 16 абонентских лучей (собственно зона обслуживания спутника OneWeb аналогична зоне обслуживания спутника Globalstar с разницей в диапазоне частот и коэффициенте усиления). Диаметр зоны

радиовидимости спутника с Земли в этом случае составляет примерно 1400 км. Высота 1200 км. Без учёта защитных частотных интервалов емкость одного спутника OneWeb составляет 3600 МГц для прямых каналов и 2000 МГц для обратных каналов, т.е. в сумме $\Delta F = 5600$ МГц. Требуемая полоса на один парциальный луч $3600 \text{ МГц}/16=225$ МГц. В режиме QPSK это позволит передать 450 Мбит/сек. При 16 парциальных лучах это составит 3,6 Гбит/сек. Общий объём составит $3,6 \text{ Гбит/сек} \times 600 \text{ спутников}=2160 \text{ Гбит/сек}$.

Учтём также, что абонентские терминалы в системе OneWeb будут иметь размер антенн 0,3–0,75 м. Ширина ДН-антенны 0,3 м по приёму составляет примерно 6 градусов, а по передаче примерно 7,5 град. по уровню - 3 дБ.

Считаем, что длина волны $\lambda_0=0,01875$ м. (1,875 см) - 16 ГГц.

Коэффициент усиления приёмной (передающей) антенны спутника:

$$G_{\text{прдо}} = 35500/(48 \times 48/16) = 246,53 \text{ (23,9 дБ)}.$$

Коэффициент усиления приёмной антенны абонента:

$$G_{\text{прмаб}} = 35500/(6 \times 6) = 986,11 \text{ (29,93 дБ)}.$$

Коэффициент усиления передающей антенны абонента:

$$G_{\text{прдоаб}} = 35500/(7,5 \times 7,5) = 631,1 \text{ (28 дБ)}.$$

Мощность передатчика спутника:

$$P_{\text{прдсп}} = 5 \text{ Вт, на один парциальный луч из 16.}$$

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \times 10^{-23}$ (тепловой шум).

Шумовая температура $T = 600$ (по Кельвину).

Отношение сигнал/ шум $q=20$.

Максимальная дальность $D_0 = 1389$ км.

Полоса пропускания для потока информации вычисляется по формуле:

$$F_{\text{прмо}} = P_{\text{прдсп}} \times G_{\text{прдо}} \times G_{\text{прмаб}} \times \lambda_0^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_0^2] = \tag{12}$$

$$= 5 \times 246,53 \times 986,1 \times (0,01875)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (1,389 \times 10^6)^2]$$

$$= 8,49 \text{ МГц.}$$

Для длины волны с частотой в 10,7 ГГц ($\lambda_{01}=0,028$ м) имеем:

$$F_{\text{прмо}} = P_{\text{прдсп}} \times G_{\text{прдо}} \times G_{\text{прмаб}} \times \lambda_{01}^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_0^2] = \tag{13}$$

$$= 5 \times 246,53 \times 986,1 \times (0,028)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (1,389 \times 10^6)^2]$$

$$= 18,9 \text{ МГц.}$$

Приведённый нами расчёт близок к заявленной скорости потока информации в 20 Мбит/сек на один частотный канал, однако чтобы получить необходимый поток информации в 3,6 Гбит/сек на один парциальный луч требуется иметь как минимум от 11 до 12 параллельных частотных каналов на один луч из 16, что соответствует полосе в 225 МГц. В этом случае мощность излучения на один луч должна составлять как минимум 55 Вт. Отсюда следуют выводы:

1) Приведённый расчёт убедительно показывает, что спутники OneWeb для обеспечения

работы в указанном выше режиме должны иметь мощность в 11-12 раз выше при 11-12 частотных параллельных каналах в многопользовательском режиме (176 пользователей на КА с потоком в 20 Мбит/сек), и составлять в одном луче как минимум 55 Вт (без учёта поглощения в среде), что в итоге составит 880 Вт с учётом 16 лучей (требуется источник питания с учётом к.п.д. 30% в 2,93 кВт). Такой непрерывной мощности нет в спутниках Iridium (192 Вт), или Globalstar (409,5 Вт), но масса КА Iridium 689 кг, а масса КА Globalstar 550 кг. Наибольшую мощность потребления в 800 Вт при

работе в 10 минут за виток даёт только TerraSAR-X при массе 1290 кг, и эта масса, очевидно, связана с аккумуляторными батареями. При этом Iridium имеет массу 689 кг и высоту орбиты 780 км. С учётом разницы мощности в 2 раза и высот почти в 2 раза, масса спутников OneWeb не может быть меньше 689 кг для достижения заявленного потока информации. Это никак не соответствует заявленным характеристикам по массе 147,7 кг или здесь должны быть некие новые солнечные батареи с очень высоким к.п.д., а также аккумуляторные батареи или другие накопители энергии с малым весом. Для Starlink масса составляет 240 кг с учётом того, что предполагается запустить 12000 спутников. Эти данные для диапазона Ku.

2) Если подставим в формулу расчёта длину волны $\lambda_{\max}=0,001171875$ м Ка – диапазона, то характеристики будут ещё хуже, что даст уменьшение полосы с 19 МГц до 7,5 МГц, и это приводит к существенному снижению скорости обмена информацией. Именно поэтому для Internet количество спутников Starlink в проекте Илона Маска в 20 раз больше, чем спутников OneWeb, и такое количество связано с необходимостью также межспутниковой связи с передачей большого объёма информации. При этом OneWeb не имеет межспутниковой связи.

3) Заявленное расстояние между опорными станциями (из данных OneWeb) составляет 2500 км, однако, на основании пятна на Земле приведённого выше это расстояние должно быть 1400 км или надо иметь антенну с большой апертурой при приёме на Земле.

$$\begin{aligned} F_{\text{прмо}} &= P_{\text{прдсп}} \times G_{\text{прдо}} \times G_{\text{прмаб}} \times \lambda_{o2}^2 / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_o^2] = \\ &= 5 \times 251 \times 986,1 \times (0,111)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 20 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (1,389 \times 10^6)^2] = \\ &= 302 \text{ МГц.} \end{aligned} \quad (14)$$

С учётом того, что мы рассчитываем в режиме BPSK передавать 38 Мбит/сек, то мы имеем энергетический запас в 7,9 раза (9 дБ). Используя этот энергетический выигрыш мы можем снизить требования к приёмной антенне абонента на 9 дБ, что соответствует приёмной антенне в $G_{\text{прмаб}} = 126$

$$S_{\text{прмо}} = G_{\text{прмаб}} \times \lambda_{o2}^2 / [(4 \times \pi) \times K_{\text{п}}] = 126,76 \times (0,11)^2 / [(4 \times \pi) \times 0,7] = 0,177 \text{ м}^2. \quad (15)$$

Это соответствует стороне квадрата длиной 0,42 м. Напомним, что абонентские терминалы в системе OneWeb будут иметь размер антенн диаметром 0,3–0,75 м. То есть, площади антенн абонентов OneWeb и предлагаемой конструкции соизмеримы, коэффициенты усиления антенн изменены таким образом, что у нас коэффициент усиления антенны КА выше, а выигрыш связан с увеличением длины волны. При этом одновременный поток от 60 лучей составит 2,28 ГГбит/сек, а общая мощность излучения в непрерывном режиме составит 300 Вт, что не превышает мощности излучения КА НССС Iridium и Globalstar также в непрерывном режиме. Иными

Таким образом, попытка обеспечить снижение веса спутника до 147,7 кг при увеличении потока информации по сравнению с Iridium и Globalstar с переходом в диапазон Ка и Ку при увеличении также числа базовых станций и коэффициента усиления антенны абонента не даст результата, так как увеличение скорости передачи информации и выигрыш за счёт коэффициента усиления антенны абонента не компенсируют друг друга в силу того, что ухудшение характеристик связано с переходом в Ка и Ку диапазон с сокращением площади антенн. Отсюда передача информации будет происходить при потоке информации как минимум в 10 раз меньше заявленной, то есть 1-2 Мбит/сек на один частотный канал в случае множества пользователей.

Сравним теперь вариант OneWeb с использованием варианта на основе предлагаемой конструкции. Соответственно в связи с этим стоит вопрос: «Каким образом можно достичь характеристик заявленных OneWeb и при этом обеспечить приемлемое количество спутников с соответствующими массогабаритными характеристиками?».

Проведём расчёты полосы пропускания для предлагаемого варианта конструкции при этом будем полагать, что изменилась только значение длины волны $\lambda_{o2}=0,111$ м. (11,1 см) – 2,7 ГГц, так как у нас при 60 лучах коэффициент усиления каждого луча составляет 24 дБ (251 раз) с увеличением площади антенны. Отсюда будем иметь полосу пропускания по формуле:

(21 дБ) вместо 986,1 (29,93 дБ). Вычислим необходимую площадь приёмной антенны абонента по формуле, которую мы использовали для оценки коэффициента усиления антенны Iridium при $Kn=0,7$:

словами, мы используем увеличение площади антенн в космосе из-за увеличения длины волны, что при прочих равных условиях позволяет добиться потока на одного абонента в 38 Мбит/сек вместо 19 Мбит/сек. При использовании площади антенны абонента со стороной 0,75 метра, мы будем иметь коэффициент усиления антенны абонента в 3,16 раз больше при $G_{\text{прмаб}}=400,8$ (26 дБ). Это означает, что мы можем использовать для передачи не режим BPSK, а режим QAM с трёхкратным увеличением потока информации до 114 Мбит/сек на одного абонента из шестидесяти. В этом случае на один КА будет приходиться поток информации 6,84 Гбит/сек, или 3,42 Гбит/сек на

передачу при 60 абонентах по 114 Мбит/сек. При приёме сигналов на КА от абонентов мы можем использовать многоканальный приём с разнесением по частоте по 8-ми каналам (8 ФАПЧ) в диапазоне полосы пропускания 304 МГц (для OneWeb это 225 МГц). В этом случае при приёме на КА по 15 антеннам при 8-ми каналах и при сигнале QAM с наличием 114 Мбит/сек мы получим поток 13,68 Гбит/сек (при скважности 2 поток на приём составит 6,84 Гбит/сек). В общей сумме при скважности 2 мы будем иметь поток 10,26 Гбит/сек. Если исходить из характеристик КА OneWeb на приём в 2 Гбит/сек, а на передачу 3,6 Гбит/сек с учётом обслуживания такого же количества пользователей, то мы можем изменить параметры по скважности, и на приём иметь скважность $Q_{пр}=6,84$ с приёмом 2 Гбит/сек, а на передачу мы будем иметь скважность $Q_{пер}=1/(1-1/Q_{пр})=1,17$ и передавать 5,84 Гбит/сек. Отсюда можно выделить 2,24 Гбит на межспутниковую связь при 3,6 Гбит/сек на передачу и 2 Гбит/сек на приём как у OneWeb. Понятно, что поток на приём в 2 Гбит/сек может передаваться через межспутниковую связь. Таким образом, мы полностью сохраняем возможности OneWeb, но при этом у нас есть ещё и межспутниковая связь. Однако мы должны обслуживать подспутниковое пятно с дальностью не 1389 км, а с дальностью 2500 км, что требует повышения мощности передатчика с 5 Вт до 16,2 Вт, то есть в 3,24 раза. В этом случае с использованием одночастотного режима в классе «В» (при передаче) мы можем обеспечить Internet в подспутниковом пятне при дальности в 2500 км в виде «гармошки», а не в плоском варианте с дальностью 1389 км. Таким образом, для передачи абонентам 3,6 Гбит/сек нам потребуется использование 36,98 лучей, а для межспутниковой связи 23,02 лучей, где остатки после запятой говорят о попеременном использовании во времени. Однако полоса пропускания информации по межспутниковой связи на дальности 4852 км при мощности 16,2 Вт в формуле (5) не будет превосходить 10 МГц. А это означает, что реальный поток по межспутниковой связи составит 196 Мбит/сек при использовании на передачу и приём парциальных антенн в 24 дБ. Однако поток может быть увеличен, если при приёме использовать антенну всего полотна в 30 дБ, а не подАФАР в 24 дБ. Тогда поток может быть повышен до 40 Мбит/сек от каждой из 4 передающих антенн с наличием 4 каналов разделённых по частоте в полосе 160 МГц. Это даст поток уже 786 Мбит/сек. Ясно, что, чтобы добиться необходимых 114 Мбит/сек на приём по межспутниковой связи надо либо поднять мощность передачи ещё 2,85 раз до 46,17 Вт, либо использовать синфазный приём не от одного полотна, а от 2 или 3 полотн с повышением коэффициента усиления общей приёмной антенны 2,85 раза (4,6 дБ) по аналогии как это предлагалось для повышения характеристик для радиовысотомера. В случае повышения мощности для межспутниковой связи, мощность потребления в импульсе для связи с абонентами при

использовании 36,98 лучей составит 599 Вт, при скважности $Q_{прд}=1,17$, и к.п.д. при одночастотном режиме имеем потребление от питания 1,05 кВт. А мощность потребления в импульсе для межспутниковой связи при использовании 23,02 лучей и 46,17 Вт на луч составит в сумме 1,063 кВт. С учётом скважности и к.п.д. для межспутниковой связи будем иметь потребление от питания 1,863 кВт. В сумме 2913 Вт, и эта величина превосходит мощность потребления в системе Iridium (1,4 кВт). Поэтому, предпочтителен вариант, аналогичный варианту радиовысотомера, где можно обеспечить режим синхронизации по несущей частоте и фазам элементов патч, для 3-х полотн КА в режиме приёма. Тогда мы можем поднять коэффициент усиления общей приёмной антенны состоящей из 3-х полотн в 2,732 раза (поток будет 2,146 Гбит/сек) с учётом того, что два соседних крайних полотна имеют отклонение от среднего полотна $\pm 30^\circ$ с сокращением при этом их площади от нормали среднего полотна в 0,866 раз. В этом случае повышение мощности при передаче будет 16,9 Вт. При использовании 23,02 лучей общая мощность в импульсе составит 389 Вт, а при скважности 1,17 и к.п.д. для одночастотного режима мы будем иметь энергопотребление 682 Вт. Общее потребление на режим работы с абонентами и межспутниковую связь составит 1,732 кВт. Это означает, что выбранное расположение антенн позволяет снизить энергопотребление в 2 раза в режиме Internet по сравнению с OneWeb и обеспечить при этом межспутниковую связь. Однако это больше потребления в системе Iridium (1,4 кВт), поэтому при этом желательно использовать дополнительные солнечные батареи, которые мы предполагаем располагать на обратной стороне 14 АФАР. Понятно, что если использовать межспутниковую связь на 2 Гбит/сек в делении на приём и передачу по 1 Гбит/сек, то энергопотребление сократится до 1,391 кВт, что сравнимо с энергопотреблением Iridium.

Для приёма на КА используется абонентский терминал с коэффициентом усиления $G_{прмаб1}=400,8$ (26 дБ). Чтобы получить необходимый энергетический потенциал на частоте 2,7 ГГц нам потребуется 101 патч с общей импульсной мощностью 54 Вт, что при скважности $Q_{пр}=6,84$ энергопотребление в одночастотном режиме с к.п.д. в одночастотном режиме составит 16 Вт. Понятно, что наши расчёты в предлагаемой конструкции для режима OneWeb по энергопотреблению проведены исходя из максимальной дальности в 2500 км. Однако реальная дальность изменяется от 650 км до 2500 км в зависимости от местоположения абонента, а это при регулировке мощности в зависимости от дальности позволит снизить энергопотребление. Ещё одно преимущество предлагаемой конструкции заключается в возможности (при необходимости) увеличить поток информации на одного абонента в 4 раза с использованием излучения от четырёх антенн по 24 дБ с разнесением несущих частот в полосе 304 МГц, но с уменьшением в 4 раза количества

обслуживаемых абонентов с 60-ти до 15 абонентов. В этом случае на одного абонента из 15-ти будет приходиться поток 456 Мбит/сек при приёме абонентом 4-х несущих частот, и эта величина больше, чем поток информации для связи в TerraSAR-X в 300 Мбит/сек в 1,52 раза. Соответственно вместо 600 КА с выводом их на орбиту 1200 км нам потребуется всего 98 КА с выводом на орбиту в 650 км. Отсюда экономическая эффективность предлагаемого метода по сравнению с системой OneWeb по критерию вес, количество КА и затраты на вывод на нужную высоту полёта будет выше $600 \text{ КА} \times 147,7 \text{ кг} \times 1200 \text{ км} / [(98 \text{ КА} \times 689 \text{ кг} \times 650 \text{ км})] = 2,42 \text{ раза}$. Система Starlink будет иметь 12000 КА, с весом 227 кг и высотой полёта 550 км. В этом

случае экономическая эффективность от предлагаемого конструктивного решения по сравнению с системой Starlink, по тем же параметрам, будет лучше в 34 раза

Соответственно, теперь надо определить такое положение 15 полотен АФАР в раскладывающемся виде, при котором мы имели бы зону обслуживания по азимуту 360 градусов, а по углу места $\pm 75^\circ$ относительно нормали от основной панели расположенной горизонтально к Земле с минимальными отклонениями лучей от нормали к каждому полотну. Понятно, что для обеспечения по углу места $\pm 75^\circ$ с угловым изменением луча в каждом полотне $\pm 15^\circ$, оптимальным будет угловое расположение полотен по рисунку 14 ($30^\circ \times 5 \text{ полотен} = 150^\circ$).

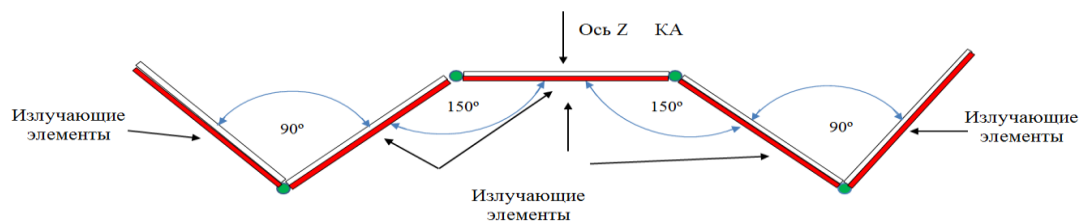


Рис.14. Сечение для показа углов места для антенн по середине, «гармошка» ленты Б.

— ● означает механическую петлю (шарнир, элемент крепления, поворота и фиксации каждого полотна АФАР)

Предположить другой раскрыв, при обозначенном оптимальном количестве лучей АФАР с использованием в ленте 5 полотен (панелей) не представляется возможным. Чтобы обеспечить отсутствие затенения со стороны

полотен ленты А и С, для реализации режима работы по принципу Iridium, их необходимо расположить вверх по углу места относительно нижнего полотна на 60 градусов, как это показано на рисунке 15.

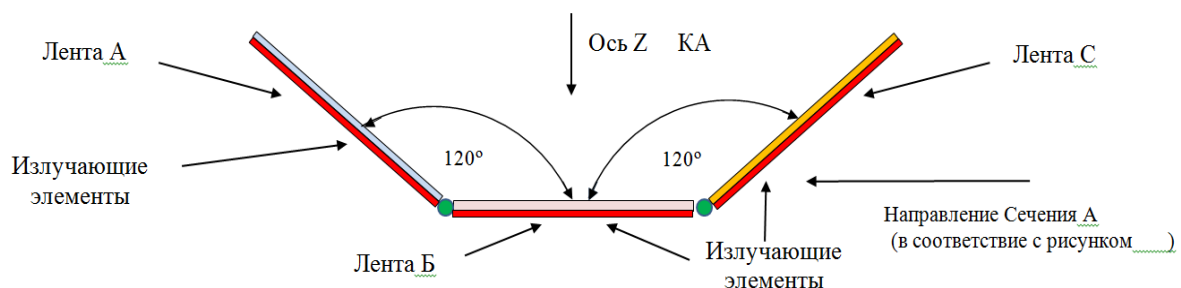


Рисунок 15. Сечение для показа углов места по боковым антеннам (лента А и С)

В итоге для реализации работы в режиме Iridium с использованием 12 секционных АФАР для

межспутниковой связи мы имеем расположение полотен антенн по рисунку 16.

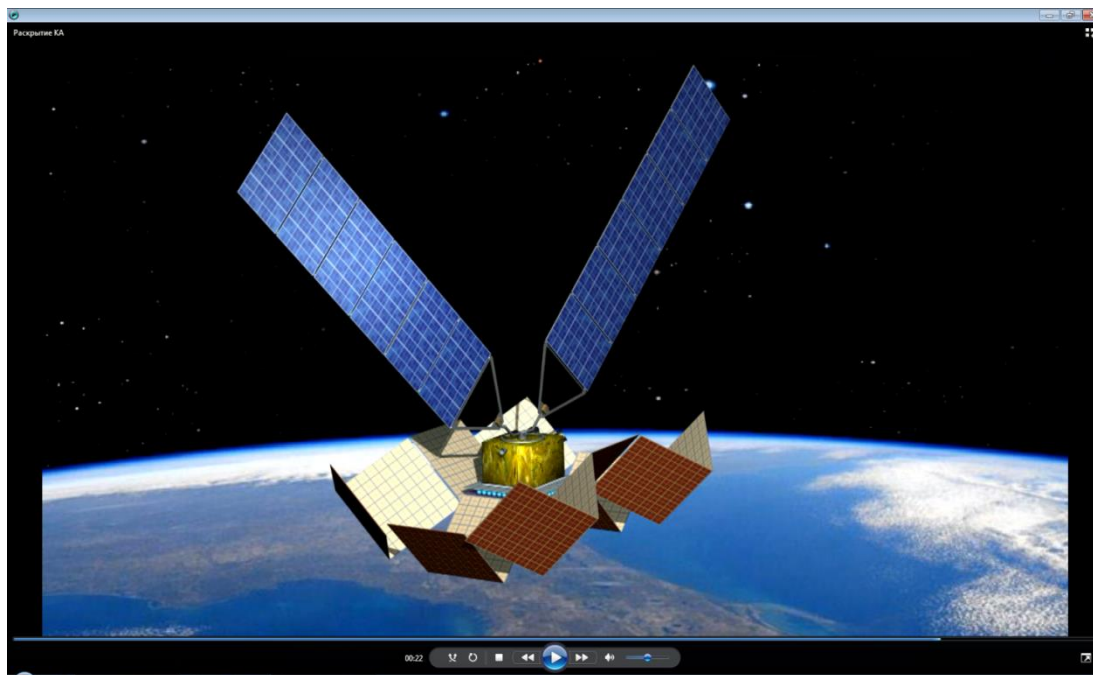


Рисунок 16. Оптимальный вариант расположения антенн.

Таким образом, мы показали преимущество предлагаемой конструкции при использовании её для межспутниковой связи, связи в режиме Iridium, связи Internet, в качестве радиовысотомера и локатора бокового обзора. Однако, это не все преимущества, что даёт предлагаемая система, в [17,18] показано как в предлагаемой конструкции за счёт новой обработки сигнала можно обеспечить метод навигации для каждого абонента с использованием одного КА и с увеличением количества пользователей на один КА в телефонном режиме до 6000 (4,6 кбит/сек на пользователя) -12000 (2,3 кбит/сек на пользователя) абонентов (Iridium имеет 1100 пользователей на один КА). Кроме того показан вариант использования режима локатора бокового обзора без разнесения приёма и передачи даже в конструкции «гармошки» с учётом синфазности от разных полотен АФАР. Далее, по стоимости группировка в 98 спутников связи дешевле, чем группировка в 24 спутника системы ГЛОНАСС, так как вес одного спутника системы ГЛОНАСС – К

составляет 935 кг (вес GPS-ИФ 2170 кг, но с радиационной защитой). У предлагаемого варианта вес одного спутника в самом худшем случае, если ориентироваться на вес спутника Iridium не более 689 кг (вес спутника Globalstar – 550 кг). При этом для запуска спутника ГЛОНАСС требуется потратить топлива больше как минимум в 19000 км/650 км =29,2 раза. Отсюда по стоимости новая группировка ГЛОНАСС в 24 спутника будет превосходить стоимость от предлагаемой группировки в 98 КА как минимум в $(24 (КА) \times 935 кг \times 29,2) / (98 (КА) \times 689 кг) = 9,7$ раза. При этом, система ГЛОНАСС не имеет возможности к самокупаемости, так как производство навигаторов захватили зарубежные фирмы и абоненты получают информацию по навигации бесплатно. С весом спутника Globalstar - 550 кг при высоте 1400 км при использовании 48 КА с обслуживанием одновременно 2500 пользователей, мы имеем экономическую эффективность предлагаемой конструкции

$$48КА \times 550кг \times 1400км \times 6000 \text{ пользователей} / [(98КА \times 689кг \times 650км \times 2500\text{пользователей}] = 2,02\text{раза.}$$

Экономическая эффективность от предлагаемой конструкции по сравнению с Iridium по тем же параметрам составит 4,4 раза. При сравнении локатора бокового обзора TerraSAR-X с вариантом конструкции предлагаемого устройства необходимо учесть, что КА TerraSAR-X весит 1209 кг, при высоте полёта 514,8 км и максимальной дальности зоны обслуживания 916 км. Предлагаемый вариант имеет вес 689 кг, высоту полёта 650 км и максимальная дальность зоны обслуживания может доходить до 1628 км-2500 км. Отсюда мы имеем экономическую эффективность

предлагаемого варианта в $1209кг \times 514,8км \times 1628км / [(689кг \times 650км \times 916км)] = 2,47\text{раз.}$

Кроме того, так как у нас 98 КА, то это позволяет делать повторный обзор участка не через 2,5 суток, а через каждые $2,5 \times 24\text{часа} \times 60\text{минут} \times 916км / [(98КАкг \times 1628км)] = 21\text{минуту}$, для чего соответствующий КА может заранее переводиться в состояние плоского общего полотна на время обзора (при увеличении времени обзора одного участка с кратковременным повышением мощности разложение в плоский вид может не потребоваться). Это важно для контроля

территории в глубине страны противника. Кроме того при разнесении приёма и передачи в режиме зондирования Земли мы будем иметь картину в реальном масштабе времени при обеспечении скрытности точек приёма информации, а это для разведки в прифронтовой зоне имеет первостепенное значение. Следовательно, мало того, что предлагаемая конструкция даёт унификацию КА различного назначения, она имеет экономическое и техническое преимущество по сравнению с такими системами как Iridium, Globalstar, OneWeb, Starlink, ГЛОНАСС, TerraSAR-X, Seasat-A.

При этом определение местоположения может быть с разрешением менее одного метра, и связь между КА и абонентом с анализом радиолокационной обстановки в месте пролёта позволяет формировать кодирование с работой КА

в диапазоне предлагаемых несущих частот на уровне шумов и отстройкой для исключения помех другим радиоэлектронным средствам. Это снимает требование по разрешению от государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ), если ещё учесть, что 4 августа 2021 года Госкомиссия по радиочастотам (ГКРЧ) продлила на 10 лет МТС, «МегаФон», «Билайн» и Tele2 разрешение на использование частот 700 МГц, 800 МГц и 2,5–2,7 ГГц для сотовых сетей четвертого поколения (LTE), которое истекло 8 сентября 2021 года [19], но при условии, что операторы связи будут строить новые базовые станции только на базе оборудования, включенного в реестр российской электронной продукции, причём там должно быть установлено ПО из реестра российского программного обеспечения. Данные по частотам приведены ниже в таблице 3.

Таблица 3.

Оператор	Режим	Диапазон (band)	Частоты, МГц
Скартел	FDD	7	2500—2530 / 2620—2650
МегаФон	FDD	20	847—854,5 / 806—813,5
	FDD	7	2530—2540 / 2650—2660
	TDD	38	2570—2595
ВымпелКом	FDD	20	854,5-862 / 813,5-821
	FDD	7	2550—2560 / 2670—2680
МТС	FDD	20	839,5-847 / 798,5—806
	FDD	7	2540—2550 / 2660—2670
	TDD	38	2595—2620
Ростелеком	FDD	20	832—839,5 / 791—798,5
	FDD	7	2560—2570 / 2680—2690
Основа Телеком	TDD	40	2300—2400

Понятно, что у указанных фирм нет ни одной своей разработки по обработке радиосигнала, унификации, а также нет новых предложений по конструкции. Кроме того, невозможно поставить вышки в океане, а также они не нужны в тайге и пустыне. Уязвимость вышек обнаружилась и при ведении боевых действий. Предлагаемая конструкция может быть сопряжена в городах по диапазону с устройствами указанных фирм и нам нет необходимости работать там, где уже есть покрытие от устройств указанных фирм. Использование нами диапазона от 2,4 ГГц – 2,7 ГГц позволит расширить возможности по приёму потока информации даже для мобильных устройств Globalstar, так как приём сигналов от мобильных устройств на КА предполагаемой конструкции возможен и в L-диапазоне 1,6 ГГц, что достигается соответствующим подбором фаз для каждого элемента патч. Дополнительно, есть возможность использования данной конструкции расположения антенн для постановки направленных помех системе GPS в режиме ретрансляции сигналов со спутников GPS, закрывая тем самым нужную область, что не даст беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) ориентирования на местности.

Таким образом, предлагаемая конструкция имеет следующие преимущества:

1) Гибкое разложение панелей 15 полотен АФАР (рисунок 9) по рисункам 12,14-16 с

разбиением каждого полотна АФАР на 4 подАФАР по рисунку 11, с параметрами антенны как у антенны Iridium, позволяет использовать КА НССС в многофункциональном режиме с унификацией узлов в различных режимах связи, навигации, радиовысотомера, межспутниковой связи, а также в качестве локатора бокового обзора с улучшением характеристик по сравнению с зарубежными аналогами.

2) За счёт разложения полотен антенн появилась возможность использования стороны обращённой к солнцу в качестве солнечной панели, что также улучшает энергетические характеристики КА.

3) При варианте многофункционального использования КА НССС появилась возможность сократить количество КА в группировке до оптимума с уменьшением засорённости космоса.

4) Совмещение режимов навигации и связи позволяет обеспечить скрытность работы устройства на уровне шумов с отсутствием помех другим устройствам, работающим в этом диапазоне.

5) Появилась возможность оплачивать услуги навигации непосредственно по запросу о местоположении.

Таким образом, существующие варианты КА, для обеспечения Internet, пошли по пути увеличения значения несущих частот с

расширением полосы пропускания для многочастотного режима (для OneWeb это полоса в 225 МГц) с увеличением энергетического потенциала за счёт коэффициента усиления антенн абонентов при приемлемых размерах, а также было увеличено количество КА в группировке. При этом вариант многофункционального использования вообще не рассматривался. В предлагаемой конструкции несущая частота выбиралась исходя из полосы пропускания для Internet и использования в многофункциональном режиме для целей навигации, локатора бокового обзора и радиовысотомера. Здесь, чтобы сохранить количество КА близкое к количеству КА в Iridium с обслуживанием аналогичных подспутниковых пятен и наличием полосы пропускания в 300 МГц потребовалось отказаться от многочастотного и многолучевого варианта за счёт диаграммо-образующих схем Батлера и Бласса, что повышало потери в 1,6 раза. При этом, чтобы обеспечить многолучевой вариант, с наличием аналогичных характеристик по обслуживанию абонентов и наличием приемлемых размеров антенн под обтекателем ракеты, была выбрана раскладывающаяся конструкция антенн в космосе. В этом случае мы имеем возрастание количества антенн в 2,5 раза с 6-ти до 15, но при этом используется гибкий подход установки луча в направлении на абонента за счёт последовательного обслуживания во времени абонентов с переходом на более высокую несущую частоту, что повышает коэффициент усиления антенны и позволяет заменить многочастотный режим на одночастотный с улучшением к.п.д в 1,625 раз. Действительно, нет необходимости иметь луч в том направлении, где в данный момент времени не осуществляется приём и передача. Так как таких последовательных во времени слотов в Iridium от четырёх до восьми, то в 15 направлениях при 15 полотнах АФАР нам необходимо направить луч в соответствующие 4-8 направлений с разнесением во времени. Это будет эквивалентно 60-120 лучам одновременно. Напомним, что в Iridium диаграммо-образующая схема формирует одновременно 8 лучей, но необходимость восьми слотов, дающих последовательный приём и передачу во времени приводит к бесполезности применения многолучевой схемы Батлера. Так 8 последовательных слотов с учётом перехода на несущую частоту в 2 раза выше приведёт к увеличению коэффициента усиления антенны в 4 раза при той же площади антенны, и это позволит уже использовать не 8 последовательных слотов, а 32. При этом, так как в Iridium в одной АФАР из шести при 8 лучах разделённых по частоте требуется 64 Вт по 8 Вт в импульсе на один луч, то мы можем поднять мощность излучения в одной луче предлагаемой конструкции также в 8 раз, и увеличить при этом количество последовательных слотов также в 8 раз до 256. В этом случае на одного абонента будет приходиться 130 мксек. Соответственно при наличии 15 полотен АФАР мы будем обслуживать 3840 абонентов. Если исходить

из 4 последовательных слотов вместо 8-ми, то всё равно мы будем иметь обслуживание 1920 абонентов вместо 1100 как в Iridium. Кроме того, обслуживание абонентов при передаче сигналов от КА будет идти в одночастотном режиме без потерь на диаграмму – образующую схему Батлера, и общий выигрыш в $1,6 \times 1,625 = 2,6$ раз позволяет компенсировать проигрыш в 2,5 раза от увеличения количества антенн. Понятно, что дальнейшее увеличение количества полотен антенн больше 15 уже не будет оптимальным с точки зрения энергопотребления и веса, а меньшее количество ухудшает характеристики по чувствительности из-за уменьшения используемой площади антенн в дальней зоне обзора с уменьшением количества обслуживаемых абонентов и не позволяет достичь характеристик для многофункционального применения. Кроме того, деление полотна на 4 подАФАР позволяет обеспечить увеличение потока информации с объектами на Земле (шлюзовые станции), когда нет требований к энергопотенциалу. При этом мы ещё конечно не учитывали преимущество от использования направленной антенны абонента в 5 дБ (3 раза). Отметим, что при приёме сигналов на КА от абонентов, можно использовать 8 ФАПЧ параллельно по 8 каналам, без увеличения мощности для передатчиков абонентов в 8 раз за счёт увеличения времени приёма. При этом время на один последовательный слот при передаче сигнала от абонента на КА будет равен 1 мксек. Это позволяет уменьшить среднюю мощность передатчика абонента в 8 раз до 80 мВт. Надо отметить, что последовательный режим обслуживания по угловым направлениям не сказывается на режиме первоначального «дозвона», так как перед звонком устройство абонента входит в режим ожидания первоначального запросного сигнала от КА, который повторяется каждые 1-5 секунд (время вхождения в связь для Globalstar 10 секунд), и здесь может использоваться луч сразу по 60-ти направлениям с меньшим коэффициентом усиления, но, с временем излучения на одной частоте в 4 раза больше с кодовой определённой последовательностью. После получения этого сигнала даётся ответный кодовый сигнал в течение 8 – 9 мксек (это время прохождения 2500 км). Надо отметить, что у нас на одном полотне находится 20 быстродействующих программно-логических интегральных схем (ПЛИС), которые способны выделять по два кодовых сигнала одновременно и это означает, что мы можем принимать в один момент времени до 40 звонков. При 15 АФАР в КА количество одновременно принимаемых звонков возрастает до 600. Это практически половина всех абонентов обслуживаемых в Iridium в разговорном режиме. Таким образом, мы видим преимущество раскладывающейся предлагаемой конструкции по сравнению с конструкцией системы Iridium с получением улучшенных радиотехнических параметров. Раскладывающаяся конструкция позволяет также достичь коэффициента усиления

общей антенны КА сопоставимого с коэффициентами усиления локатора бокового обзора и радиовысотомера. Одновременно, раскладывающаяся конструкция позволила поднять коэффициент усиления антенны КА для связи в Internet в направлении на абонента, и тем самым уменьшить коэффициент усиления направленной антенны абонента с наличием приемлемых размеров (аналогичных антеннам абонентов OneWeb и Starlink). При этом понижение несущей частоты для антенн предлагаемой конструкции по сравнению с несущей частотой для Internet в системах OneWeb и Starlink даёт преимущество в повышении чувствительности за счёт площади антенн КА при том же коэффициенте усиления. Соответственно уменьшается поглощение радиоволн в среде. Кроме того, широкий диапазон частот позволяет исключить мешающее воздействие на другие радиоэлектронные средства, работающие в данном диапазоне частот. Также появляется возможность отстройки от помех по боковым лепесткам.

Следовательно, проведённый анализ показывает, что предлагаемая конструкция превосходит все существующие аналоги и обеспечивает многофункциональный режим.

Литература:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Globalstar>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/OneWeb>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Starlink>

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D1%83%D0%BC_\(%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D1%83%D0%BC_(%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82))

Мамонкин И.Г. Усилительные устройства. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и перераб. М., «Связь», 1977, стр. 235.

Бартон, Г. Вард. Справочник по радиолокационным измерениям. - М.: Сов. радио. 1976, стр. 316.

<http://terraview.ru/articles/11/terra-sar-x>

Дубровка Ф.Ф., Мартынюк С.Е. Полосковая антенная решётка с воздушным заполнением. Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія-Радіотехніка. Радіоапаратуобудування. 2009, №38.

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0_\(%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0_(%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0))

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%82%D1%87-%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0>

В.И. Тихонов. Статистическая радиотехника. – М.: Сов. радио. 1966, стр. 473.

<https://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/01-Makarenko.pdf?ysclid=lbnb4jjjq8295855268>

<https://present5.com/precizionnaya-radiovyshotometriya-iz-kosmosa-zadachi-reshaemye-precizionnym-radiovyshotomerom/?ysclid=17y334fiot328583083>

https://mai.ru/upload/iblock/eef/solnechnye-i-akkumulyatornye-batarei-oao-_saturn_-na-kosmicheskikh-apparatakh-s-elektronnyimi-dvigatelyami.pdf?ysclid=llep4x2a16589001425

Нгуен

Ван

Куан, М.А. Маркелова, В.И. Веремьев. Анализ возможности использования спутниковых сигналов подсвета для пассивной радиолокационной системы. Науч. журнал. «Вестник новгородского государственного университета» №4(116), (2019), стр. 86-91. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vozmozhnosti-ispolzovaniya-sputnikovyh-signalov-podsveta-dlya-passivnoy-radiolokatsionnoy-sistemy/viewer>

<http://lib.tssonline.ru/articles2/sputnik/analiz-mnogoluchevoy-rabochey-zony-sputnikov-oneweb>

Рысин. А.В., Бойкачёв, В.Н., Наянов А.М. Способ быстрой фазовой автоподстройки частоты для оптимальной когерентной обработки радиосигналов в низкоорбитальных спутниковых системах связи (НСС). Науч. журнал. «Sciences of Europe» (Praha, Czech Republic)/2021-. №80(2021) vol.1, p.52-70.

Рысин. А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М. «Евразийский союз учёных.» Серия: Технические и физико-математические науки. Том.1, №07 (100) (2022), стр. 22.

https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/07/09/877491-sotovih-operatorov-obyazhut-postroit-4g-v-selah?utm_campaign=newspaper_9_7_2021&utm_medium=email&utm_source=vedomosti

УДК 699.812.2
УДК 699.866

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО ВЫСОКОКРЕМНЕЗЁМИСТОГО НЕТОКСИЧНОГО МАТЕРИАЛА РАСШИРЕННОГО СПЕКТРА НАЗНАЧЕНИЯ

Рябинина Н.В.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь, 614013, ул. Академика Королёва, 15)
аспирант кафедры механики композиционных материалов и конструкций аэрокосмического факультета.*

Шайдурова Г.И.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь, 614013, ул. Академика Королёва, 15),
профессор кафедры механики композиционных материалов и конструкций аэрокосмического факультета, доктор технических наук, главный химик.*

PHYSICAL AND MECHANICAL STUDIES OF A NEW HIGH-SILICA NON-TOXIC MATERIAL FOR AN EXTENDED SPECTRUM OF APPLICATIONS

N.V. Ryabinina

*Perm National Research Polytechnic University
(Russia, Perm, 614013, Akademika Koroleva str., 15)
post-graduate student of the Department of Mechanics of Composite Materials and Structures of the Aerospace Faculty.*

G.I. Shaydurova

*Perm National Research Polytechnic University
(Russia, Perm, 614013, Akademika Koroleva St., 15),
Professor of the Department of Mechanics of Composite Materials and Structures of the Aerospace Faculty, Doctor of Technical Sciences, Chief Chemist.*

АННОТАЦИЯ

Представлены испытания на прочность материала расширенного спектра назначения, который относится к технологии производств нетоксичных высококремнезёмистых теплоизоляционных и огнестойких материалов. Достижения научно-технического прогресса в области создания космических аппаратов, компьютерной техники, энергонагруженных производств характерны для современного мира, техника требует максимальной прочности, минимальной массы и высокой химической стойкости конструкционного материала. Именно этим требованиям в большей степени, чем традиционные (металлы), удовлетворяют композиционные материалы. Создание композиций с высоким содержанием кремния перспективно для создания нетоксичных материалов, огнестойких в течение длительного времени, что исключительно актуально в настоящее время для эксплуатации расширенного спектра назначения. Значительное место принадлежит кремнийсодержащим образованиям.

ABSTRACT

The paper presents strength tests of a material with an extended spectrum of purposes, which relates to the production technology of non-toxic high-silica heat-insulating and fire-resistant materials. Achievements of scientific and technological progress in the field of creating spacecraft, computer technology, energy-loaded industries are characteristic of the modern world, technology requires maximum strength, minimum weight and high chemical resistance of the structural material.

It is precisely these requirements that composite materials satisfy to a greater extent than traditional (metals). The creation of compositions with a high silicon content is promising for the creation of non-toxic materials that are fire resistant for a long time, which is extremely important at present for the operation of an extended range of purposes. A significant place belongs to silicon-containing formations.

Ключевые слова: огнестойкость, прочность, плотность, жидкое стекло.

Keywords: fire resistance, strength, density, liquid glass.

Введение

Среди большого разнообразия теплоизоляционных изделий из органического сырья наибольший интерес представляют плиты древесноволокнистые, камышитовые, фибролитовые, торфяные, пробковая теплоизоляция натуральная, а также теплоизоляционные пенопласты. Плиты

древесноволокнистые применяют для тепло- и звукоизоляции ограждающих конструкций. К органическим теплоизоляционным изделиям и материалам также относятся: арболитовые изделия, пенополивинилхлорид, пенополиуретан, пеноизол теплоизоляционный, мипора, пенополистирол, полиэтилен вспененный, фибролит, сотопласты и ячеистые пластмассы. Применяемые современные

теплоизоляционные материалы в строительстве жилых и промышленных зданий, тепловых агрегатов и трубопроводов с целью минимизации тепловых потерь в окружающую среду должны обладать низкой теплопроводностью [1].

Применение теплоизоляционных материалов позволяет уменьшить толщину и массу как стен, так и других ограждающих конструкций, снизить расход основных конструктивных материалов, уменьшить транспортные расходы и, соответственно, снизить стоимость строительства [2]. Наряду с этим, при сокращении потерь тепла отапливаемых сооружений, уменьшается расход топлива на его обогрев. Многие теплоизоляционные материалы из-за высокой пористости обладают способностью поглощать звук, что позволяет использовать их также в качестве акустических материалов для борьбы с шумом.

Цель исследования

Исследование направлено на создание новых импортозамещающих рецептурных составов с содержанием кремния на уровне 90% и получение результатов физико-химических превращений при высокотемпературном нагреве при долговременной или экстремальной эксплуатации различных агрегатов и конструкций. На основе поставленной цели была сформулирована задача

исследования по разработке рецептурных составов с использованием кремнийсодержащих компонентов, которые в совокупности могут обеспечить максимальный эндоэффект.

Материал и методы исследования

Методы исследования представлены совокупностью химических, физико-химических, физических и механических способов испытаний, применяемых для контроля исходного сырья, материалов, промежуточных продуктов и готовой продукции.

Выбор метода исследования определяется потребностью производства и возможностями данного метода: необходимая чувствительность, быстрота выполнения испытаний, производственные условия и возможности, стоимость проведения работ, оценка эффективности [3].

Оценку технологических, физико-механических и специальных свойств высококремнезёмистого материала проводили по стандартным методикам для гипс полимерных плит [4].

Для проведения испытаний на прочность были подготовлены образцы, согласно ГОСТ 8462–85 (рисунок 1). Испытания проводились на прессе гидравлическом ПГМ-100МГ4.

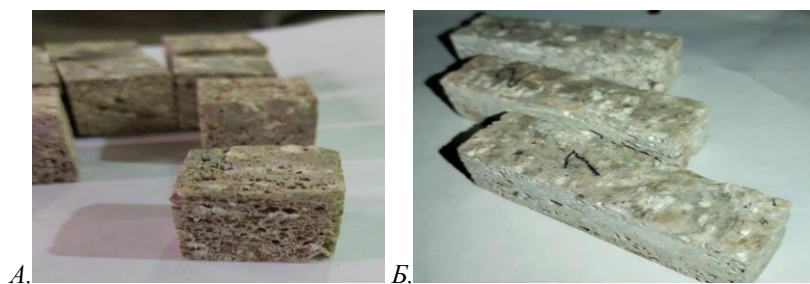


Рис. 1. Образцы для проведения испытаний:

А- на сжатие,

Б- на растяжение и изгиб.

Результаты исследования и их обсуждение

Определение физико-механических и специальных свойств высококремнезёмистого материала проводили по ГОСТ Р 58527-2019.

Исследования прочности на растяжение проводилась на испытательной машине Метротест РЭМ 50.

Протокол испытаний на растяжение представлен на рисунке 2.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Общие параметры испытания:

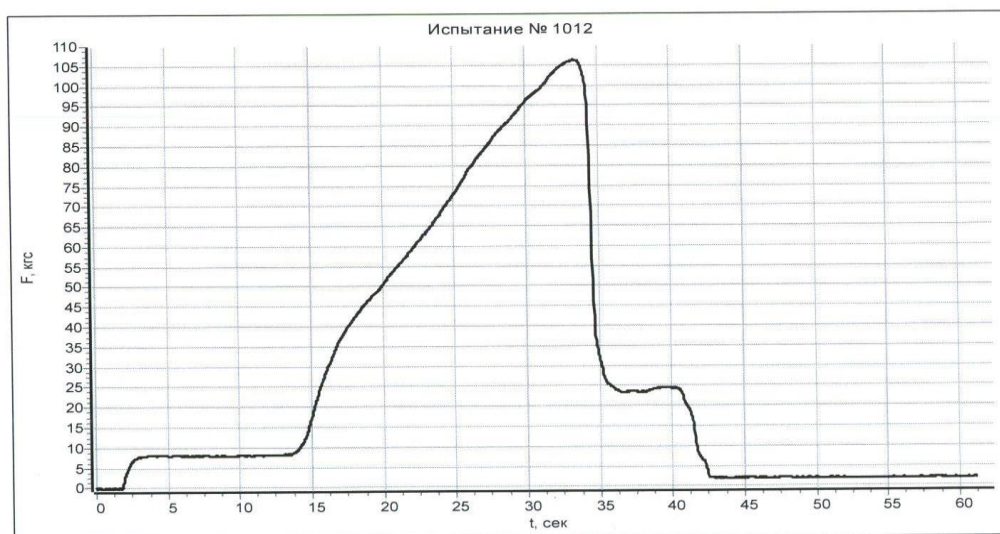
Тип испытания	Растяжение
Название группы	Испытание № 1012
Количество образцов	2
Материал	TFS-П
Тип сечения	Прямоугольник
Примечание	

Параметры образца №1

Расчетная длина, мм	90
Площадь сечения, см ²	2,250

Результаты испытания:

Дата и время испытания	19.05.2022 17:58:51
Длительность испытания	00:01:01
Максимальная нагрузка, кгс	106,356
Максимальная деформация, мм	4,126
Предел прочности, кгс/см ²	47,269



Общие результаты по группе испытаний

№	Расчетная длина, мм	Пл. сеч., см ²	Дата и время	Макс. нагрузка, кгс	Макс. деформация, мм	Предел прочности, кгс/см ²
1	90	2,250	19.05.2022 17:58:51	106,356	4,126	47,269
2	20	2,500	19.05.2022 18:11:01	61,795	0,596	24,718
Среднее значение				84,1	2,4	36,0

Рис. 2. Протокол испытания на растяжение

В таблице 1,2 представлены результаты испытаний на сжатие и на изгиб

Таблица 1

Результаты испытаний на сжатие.

№ образца	Линейные размеры, мм			Масса, m, г	Нагрузка, N, кН	Площадь, S, мм	Прочность на сжатие $R=N/S$, $[H]/[мм^2]=МПа$
	a	b	H				
31	24	23	23	12,38	3,17	552	5,74
32	23	23	24	12,12	2,66	529	5,03
33	24	23	23	12,60	4,95	552	8,97
34	23	23	24	12,58	4,18	529	7,90
35	24	24	24	13,34	4,18	576	7,26
36	24	23	24	12,35	2,84	552	5,14
37	24	24	24	11,99	3,27	576	5,68
38	24	24	23	11,98	5,01	576	8,69

Среднее	23,75	23,375	23,625	12,42	3,783	555,25	7,05
----------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	---------------	-------------

Таблица 2

Результаты испытаний на изгиб.

№ образца	Линейные размеры, мм			Масса, м, г	Нагрузка, N, кН	Прочность на изгиб $R=3NL/2bH^2$, $[H]/[мм^2]=МПа$
	L	b	H			
1	81	21	21	34,34	0,71	9,3
2	81	21	21	33,61	0,66	8,7
3	81	21	22	35,09	0,89	9,9
Среднее	81	21	21,3	34,35	0,75	9,6

На основании таблицы варьирования и планирования экспериментов и определением характеристических показателей: прочность, технологичность, регулярность и устойчивое структурно-физическое состояние, теплофизика,

плотность, температуростойкость по результатам испытаний была определена оптимальная композиция для дальнейших технологических исследований, представленной в таблице 3.

Таблица 3

Результаты испытаний

№ п/п	Показатели	Материал TFS-II
1	Плотность, кг/м ³	860...1000
2	Теплопроводность, (λ) Вт/ (м·°С)	0,18...0,23
3	Предел прочности, МПа при:	
	сжатии	5,14...8,97
	изгибе	9,3...9,9
	растяжении	8,6...10
4	Влагопоглощение	0,1%
5	Усадка (0,8 мм на 1 м)	1,1
6	Скорость уноса (оплавления), мм/сек	0,00003
7	Плотность после воздействия t=1000 °С, (ρ) г/см ³ (кг/м ³)	Менее 1,0
8	Скорость деструкции, мм/с	Менее 5
9	Структура после воздействия температуры	Стекло
10	Компонентный состав после воздействия температуры	Стекло
11	Толщина слоёв для обеспечения огнестойкости из расчёта на:	
	15 мин	3 мм
	45 мин	4 мм
	90 мин	5 мм
	120 мин	6 мм
12	Остаточный ресурс, %	80

Анализ результатов, представленных в таблице 3 подтверждает, что вновь созданный материал обладает опережающим уровнем характеристик по огнестойкости, классу горючести и особенностям деструкции (оплавление). Следует отметить при этом высокий уровень влагостойкости.

Как показали результаты испытаний в специализированной лаборатории по методике испытаний на пожарную опасность, предусмотренной ГОСТ 31251—2008, вновь созданный теплоизоляционный огнестойкий высококремнезёмистый композит обладает негорючестью, согласно ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытания на горючесть" (метод 1) (к классу пожарной опасности КМ), является огнестойким и экологически чистым материалом с широким спектром применения в различных отраслях промышленности [5,7].

Физико-механические свойства полученного композитного продукта позволяют применять его в виде строительных блоков, обеспечивая возможность создания крупноблочных конструкций или реализацию аддитивных технологий.

Физические свойства материала характеризуют конкретные особенности материала и его способности сопротивляться внешнему воздействию окружающей среды [6,8-10].

Выводы

Высококремнезёмистый материал относится к производству композитов теплоизоляционного назначения, способных удовлетворять требования эффективной тепло и огнезащиты различных энергетических установок, в производстве таких отраслей промышленности, как металлургия, строительство и многих других. Что позволяет обеспечить надёжную теплоизоляцию при

ликвидации последствий при чрезвычайных ситуациях (пожар, возгорание и т.д.), защитные средства для формирований пожарных подразделений и др.

Результаты комплексных исследований подтвердили высокую эффективность технических параметров вновь разработанного материала, относящегося к классу негорючих огнестойких покрытий, не выделяющих в условиях открытого пламени газообразных токсичных продуктов. Материал обладает высокой прочностью при сжатии и изгибе, низким влагопоглощением и высокой эррозионностойкостью в процессе деструкции имеет низкую плотность, высокую пористость, обладает низкой теплопроводностью, достаточно высокими механическими характеристиками

Высококремнезёмистый композит позволяет обеспечить технологическую независимость российских производителей от зарубежных поставщиков такого класса материалов и комплектующих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аскадский А.А., Попов М.Н., Кондращенко В.И. //Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования. М.: Издательский дом АСВ 2015. С. 105-120.

Иванов В.В., Алещенко В.И. //Перспективные материалы. 2000. № 2. С. 49-56.

Клименко Н. Н., Михайленко Н. Ю. Строительный материал на основе жидкого стекла и процессы его упрочнения // Мир технологий и технологий. 2012. № 7. С. 60-63.

Клименко Н. Н., Михайленко Н. Ю. Высококремнезёмистый композиционный материал строительного назначения на жидкостекольном связующем // Композиционные материалы в промышленности. Сборник докладов 2014. С. 250-252.

Михайленко Н. Ю., Клименко Н. Н. Оптимизация технологических параметров синтеза высококремнезёмистых жидкостекольных композитов строительного назначения // Стекло и керамика. 2013. №5. С. 11-17.

Патент RU 2245861 РФ, МПК C04B28/26. Жидкостекольная композиция/ Ю.Г. Иващенко, Р.В. Фомин №2002130689/03; заявл. 15.11.2002; опубл. 10.02.2005// Бюл.2005. №4.

Рябинина Н. В., Шайдурова Г. И., Шевяков Я.С. Высококремнезёмистые композиционные материалы и покрытия широкого спектра назначения // Приоритетные направления развития науки и технологий доклады XXVI международной научно-практической конференции под общей редакцией В.М. Панарина. Сборник докладов. 2019. С. 3-6.

Соколов И. И. Сферопластики на основе терморезактивных связующих для изделий авиационной техники //М.: Автореферат. 2013.

Филимонов А.С., Тарасов В.А., Комков М.А., Моисеев В.А., Тимофеев М.П., Герасимов Н. В. Влияние связующих на свойства новых теплоизоляционных покрытий с использованием стеклянных микросфер // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. Сер. «Машиностроение» С. 185-192.

Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн. Кн. 1 /Под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А.Б. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. С. 448.

УДК 532.5

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ БРЫЗГ ПРИ УДАРЕ КАПЛИ О ЖИДКОСТЬ С ЖИДКОЙ ПЛЕНКОЙ

Саушин И.И.

*Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»,
Россия, 420111, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31*

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF SECONDARY SPATTERS WHEN IMPACT OF A DROP ON A LIQUID WITH A LIQUID FILM

I. I. Saushin

*Federal Research Center
"Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences",
Russia, 420111, Kazan, st. Lobachevsky, 2/31
DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.727*

АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований процесса удара капли о поверхность жидкости с жидкой пленки, а именно результирующее влияние наличия пленки жидкости на выброс вторичной капли после удара. По результатам исследования показано, что наличие жидкой пленки может существенно повысить величины критических безразмерных чисел подобия задачи, при которых происходит образование брызг. Данные результаты можно использовать для реализации метода активного подавления вторичных брызг от удара капли о поверхность жидкости.

ABSTRACT

This paper presents the results of experimental studies of the impact of a drop on a liquid surface from a liquid film, namely the resulting effect of the presence of a liquid film on the ejection of a secondary drop after impact. According to the results of the study, it is shown that the presence of a liquid film can significantly increase the values of the critical dimensionless similarity numbers of the problem, at which splashing occurs. These results can be used to implement the method of active suppression of secondary splashes from the impact of a drop on a liquid surface.

Ключевые слова: удар одиночной капли о поверхность жидкости, устойчивость струи Релея, взаимодействие капли с жидкой пленкой, число Вебера.

Keywords: impact of a single drop on a liquid surface, Rayleigh jet stability, interaction of a drop with a liquid film, Weber number.

Введение

Несмотря на свои малые масштабы, задача об ударе капли об поверхность жидкости или твердой поверхности имеет важное значение во многих научных и технических приложениях: аэрозольное охлаждение или покраска, термическое напыление [1], сепарация жидкости из газа, струйная печать [2], судебно-медицинская практика. При определенных условиях в результате удара капли о поверхность во внешнюю газовую среду выбрасываются единичные или множественные вторичные капли меньшего диаметра, которые могут вызывать существенные проблемы. Например, в газо-жидкостных сепараторах эти вторичные капли с меньшим числом Фруда (Fr) могут быть унесены динамическим напором очищенного газа, снижая эффективность сепарации. В задачах струйной печати это снижает точность нанесения краски. Механические свойства термически напыленного покрытия также сильно зависят от кинематики удара капли [3]. По этой причине основной упор в подобных задачах сделан на определения критерий выброса вторичных капель в газовую среду, образования кратеров или так называемых корон.

К настоящему моменту времени для каждого класса на основе экспериментальных и численных исследований получены достаточно подробные карты режимов удара в координатах безразмерных числовых комплексов подобия. Эти результаты легли в основу инженерных нормативных рекомендаций при проектировании технических изделий, следуя которым для предотвращения образования брызг иногда приходится вынужденно снижать диаметр или скорость падающей капли, что искусственно занижает потенциальные характеристики оборудования. Для повышения или понижения порогового уровня критерия разбрызгивания может использоваться метод изменения давления газовой среды [4]. Очевидно, что это возможно лишь для герметичных систем, например, камеры сепаратора.

Последствия удара, а соответственно и условия появления брызг, существенно меняются, если рассматривать несмешивающиеся капельную и целевую жидкости, например, нефть и воду. Однако в литературе представлено крайне мало

подобных исследований. Более того, в этих исследованиях внимание уделено больше межфазной динамике несмешивающихся жидкостей [5-7], чем вопросу разбрызгивания вторичных капель в газовую среду.

Цель исследования

Целью исследования является рассмотрение постановке задачи, описывающее падение капельной жидкости (дистиллированная вода) на пленку конечной толщины несмешивающейся целевой жидкости с меньшей плотностью (силиконовое масло), которая находится на поверхности резервуара с целевой жидкостью (дистиллированная вода). Данная постановка может быть использована как активная мера по борьбе с образованием вторичных капель, повышающей величины пороговых критериальных чисел подобия.

Материал и методы исследования

Результаты исследования получены на экспериментальном стенде, схема которого представлена на рисунке 1. Межфазная граница между жидкостью 1 (дистиллированная вода, Таблица 1) и газом (атмосферный воздух, Таблица 1) реализована в круглой чашке Петри 3 диаметром 100 мм и толщиной 50 мм. Согласно [8] размеры такого резервуара более чем достаточны для нивелирования эффектов взаимодействия жидкости и стенок резервуара. В экспериментах при наличии жидкой пленки 2 в чашку Петри добавлялась вторая жидкость (силиконовое масло, Таблица 1), толщина пленки оценивалась по известной площади межфазной поверхности и измеренной массе добавленного масла. Генерация капель выполнялась с помощью шприцевого насоса 4 со сменяемыми иглами различного диаметра проходного сечения. Съемка процесса удара капли выполнялась высокоскоростной монохромной видеокамерой Fastec HiSpec 5 с разрешением каждого кадра 300×300 пикселей, при частоте съемки $f=5000$ 1/с. Камера была оснащена светосильным объективом Navitar 1''F/0,95 с фокусным расстоянием 25 мм. Серии экспериментов выполнялись при комнатной температуре окружающего воздуха и используемых жидкостей.

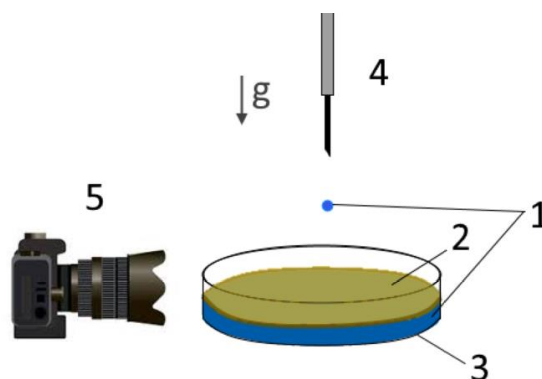


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 – основная жидкость; 2 – пленка вторичной жидкости; 3 – чашка Петри; 4 – шприцевой насос со сменными иглами; 5 - высокоскоростная цифровая видеокамера

Таблица 1

Параметры экспериментальных исследований

β	Силиконовое масло (жидкая пленка)							Вода		
	v_0 , сСт	ρ_0 , кг/м ³	σ_0 , Н/м	Fr	Re	We	Oh	v_w , сСт	ρ_w , кг/м ³	σ_w , Н/м
0.1	100	965	0.021	10.26	24	186	0.573	1	1000	0.072
0.2	100	965	0.021	10.26	24	186	0.573	1	1000	0.072
0.2	10	910	0.0197	10.26	238	187	0.057	1	1000	0.072
0.5	10	910	0.0197	10.26	238	187	0.057	1	1000	0.072
3.0	10	910	0.0197	10.26	238	187	0.057	1	1000	0.072
3.0	50	960	0.02	10.26	48	194	0.293	1	1000	0.072
0.2	50	960	0.02	10.26	48	194	0.293	1	1000	0.072
1.1	50	960	0.02	10.26	48	194	0.293	1	1000	0.072
0.5	50	960	0.02	10.26	48	194	0.293	1	1000	0.072
0.8	50	960	0.02	10.26	48	194	0.293	1	1000	0.072
1.2	35	963	0.021	10.26	68	186	0.200	1	1000	0.072
1.0	35	963	0.021	10.26	68	186	0.200	1	1000	0.072
0.8	35	963	0.021	10.26	68	186	0.200	1	1000	0.072
0.5	35	963	0.021	10.26	68	186	0.200	1	1000	0.072
0.7	35	963	0.021	10.26	68	186	0.200	1	1000	0.072
0.5	75	963	0.021	10.26	32	186	0.429	1	1000	0.072
0.4	75	963	0.021	10.26	32	186	0.429	1	1000	0.072
1.6	20	950	0.021	10.26	119	183	0.114	1	1000	0.072
1.2	20	950	0.021	10.26	119	183	0.114	1	1000	0.072
1.4	20	950	0.021	10.26	119	183	0.114	1	1000	0.072

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе выполнения экспериментального исследования было проведено 20 экспериментов в широком диапазоне безразмерной толщины

жидкой пленки и чисел подобия задачи (Фруда (Fr), Рейнольдса (Re), Вебера (We) и Онезорге (Oh)), Таблица 1, соотношения (1).

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{2Rg}}, Re = \frac{\rho_0 UR}{\mu_0}, We = \frac{\rho_0 U^2 R}{\sigma_0}, Oh = \frac{\mu_0}{\sqrt{\sigma_0 \rho_0 R}}, \beta = \frac{h}{2R}, (1)$$

где: R – радиус капли, U – скорость капли в момент удара, ρ – плотность сплошной среды, σ – коэффициент поверхностного натяжения между сплошными средами, μ – коэффициент динамической вязкости сплошной среды, h – толщина жидкой пленки, ν – кинематическая вязкость сплошной среды, нижний индекс: «0» -

силиконовое масло, «w» - вода.

По результатам обработки высокоскоростной цифровой видеосъемки анализировался факт выброса вторичной капли в газовую среду, который происходил в результате известной потери устойчивости струи Релея, Рисунок 2.



Рис. 2. Визуализация распада цифровой скоростной видеосъемки динамики удара капли о поверхность жидкости; а) отсутствие выброса вторичной капли, б) образование струи Рейля с последующим распадом и отделением вторичной капли в газовую среду.

Результаты экспериментов были нанесены на карту режимов в координатах отношения кинематических вязкостей жидкостей с безразмерной толщиной пленки жидкости и числа

Re с жидкостей с безразмерной толщиной пленки жидкости с указанием факта выброса вторичной капли в газовую среду, Рисунок 3.

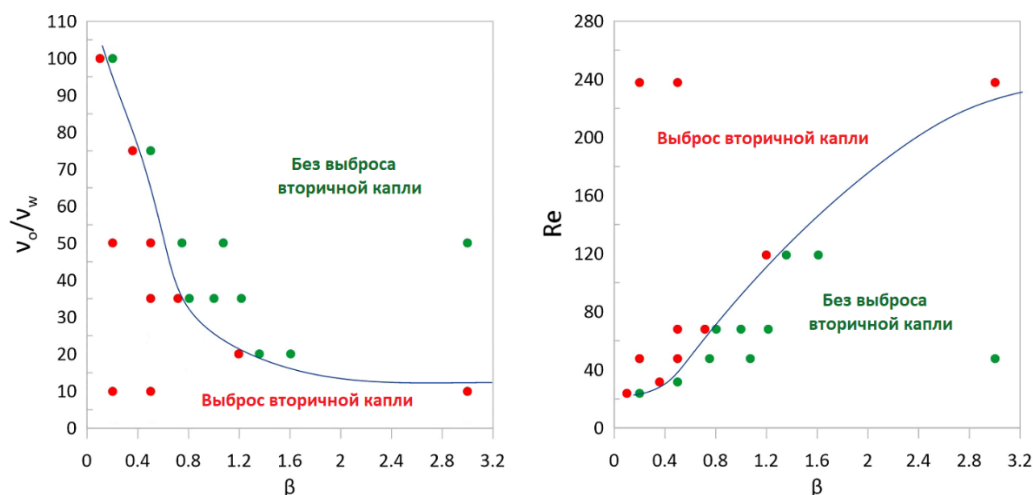


Рис. 3. Карта режимов удара капли о поверхность жидкости с жидкой пленкой.

Заключение

По результатам исследования показано, что в качестве одной из возможных мер по борьбе с образованием выброса в газовую среду вторичных капель при падении капли жидкости на поверхность жидкости может быть использован метод искусственного формирования пленки из жидкости более малой плотности с большим коэффициентом кинематической вязкости. Предельной безразмерной толщиной β жидкой пленки является значение $\beta \approx 3$, выше которого пленка жидкости начинает вести себя как цельная жидкость. Наличие жидкой пленки позволяет почти на порядок увеличить критическое число Re капли при котором происходит выброс вторичной капли, Рисунок 3, и, соответственно, величину произведения скорости капли на её диаметр.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект РФФ 21-79-00291).

Список литературы

1. Aziz S. D., Chandra S. Impact, recoil and splashing of molten metal droplets //International journal of heat and mass transfer. 2000. Т. 43. №. 16. С. 2841-2857.
2. Lohse D. Fundamental fluid dynamics challenges in inkjet printing //Annual review of fluid mechanics. 2022. Т. 54. С. 349-382.
3. Vardelle M. et al. Influence of particle parameters at impact on splat formation and solidification in plasma spraying processes //Journal of Thermal Spray Technology. 1995. Т. 4. С. 50-58.
4. Engel O. G. Crater depth in fluid impacts //Journal of Applied Physics. – 1966. Т. 37. №. 4. С. 1798-1808.
5. Fujimatsu, T., Fujita, H., Hirota, M., & Okada, O. (2003). Interfacial deformation between an impacting water drop and a silicone-oil surface. Journal of colloid and interface science, 264(1), 212-220.
6. Shaikh S. et al. Immiscible impact dynamics of droplets onto millimetric films //Experiments in Fluids. 2018. Т. 59. С. 1-12.
7. Mohasan M. et al. Cavity dynamics of water drop impact onto immiscible oil pool with different

viscosity //Acta Mechanica Sinica. 2021. Т. 37. С. 447-455.

8.Castillo-Orozco E. et al. Droplet impact on deep

liquid pools: Rayleigh jet to formation of secondary droplets //Physical Review E. 2015. Т. 92. №. 5. С. 053022.

УДК 004.9

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Суздальский Дмитрий Андреевич,
аспирант

(РЭУ им. Г.В. Плеханова)

Научный руководитель

Микроков Андрей Александрович,

доцент кафедры ПИИБ, к.т.н., доцент

(РЭУ им. Г.В. Плеханова)

CURRENT ISSUES OF INFORMATION SECURITY PROBLEMS MODELING

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.728](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.728)

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются подходы к решению задачи построения модели системы информационной безопасности (ИБ), которая относится к классу слабо структурированных и плохо формализуемых систем. Исследуются такие аспекты оценки параметров систем ИБ, как комплексность и неоднозначность оценки рисков систем ИБ, неоднозначность описания угроз активам субъектов экономической деятельности (СЭД) и их параметров. Вышеуказанные аспекты связаны с применением экспертных методов для анализа систем ИБ и оценки их рисков, а также, многообразием видов угроз ИБ информационным активам СЭД, что затрудняет исследование систем ИБ с использованием традиционных подходов.

В работе показано, что для решения задач анализа систем ИБ предпочтительно использовать когнитивные модели, так как они позволяют более полно учесть всё многообразие факторов, влияющих на степень эффективности применяемых систем ИБ.

В статье предложен гибридный метод когнитивного моделирования систем ИБ на основе когнитивных карт в комбинации с моделями нечёткого логического вывода, позволяющий оценить параметры угроз активам СЭД и систем ИБ в условиях большого количества неопределённостей.

В результате исследования обосновывается целесообразность построения комплексной модели системы поддержки принятия решений по управлению информационной безопасностью, обеспечивающей повышение эффективности на основе применения гибридных интеллектуальных технологий (нечеткой логики и когнитивных карт), а также методик реализации разработанной модели.

Новизна результатов определяется возможностью учета множества неопределённостей возникающих при описании угроз информационным активам СЭД и систем ИБ, характерными особенностями которой являются: сложность формального описания и сложность и даже невозможность структуризации объекта исследования

Практическая значимость предлагаемых решений заключается в возможности применения разработанного подхода при оценке рисков ИБ.

ABSTRACT

This paper discusses approaches to solving the problem of building an information security system (IS) model, which belongs to the class of weakly structured and poorly formalized systems. Such aspects of assessing the parameters of IS systems as the complexity and ambiguity of assessing the risks of IS systems, ambiguity in the description of threats to the assets of economic entities (EDS) and their parameters. The above aspects are related to the use of expert methods for analyzing IS systems and assessing their risks, as well as the variety of types of IS threats to EDMS information assets, which makes it difficult to study IS systems using traditional approaches.

The paper shows that it is preferable to use cognitive models to solve the problems of analyzing information security systems, since they allow to take into account more fully the whole variety of factors that affect the degree of efficiency of the applied information security systems.

The article proposes a hybrid method for cognitive modeling of information security systems based on cognitive maps in combination with fuzzy inference models, which makes it possible to assess the parameters of threats to EDMS assets and information security systems under conditions of a large number of uncertainties.

As a result of the study, the expediency of building an integrated model of a decision support system for information security management is substantiated, which provides an increase in efficiency based on the use of hybrid intelligent technologies (fuzzy logic and cognitive maps), as well as methods for implementing the developed model.

The novelty of the results is determined by the ability to take into account the many uncertainties that arise when describing threats to information assets of the EDMS and information security systems, the characteristic features of which are: the complexity of the formal description and the complexity and even the impossibility of structuring the object of study

The practical significance of the proposed solutions lies in the possibility of using the developed approach in assessing IS risks.

Ключевые слова: информационная безопасность, оценка рисков, когнитивное моделирование, нечёткая логика, нечёткий логический вывод.

Keywords: information security, risk assessment, cognitive modeling, fully logic, fuzzy inference.

Введение

В настоящее время, несмотря на наличие известных зарубежных и отечественных стандартов в области управления рисками нарушения информационной безопасности (ИБ), проблема оценки риска нарушения ИБ остается актуальной. В стандартах формулируются только критерии оценки безопасности, но не содержится методик оценивания и важных деталей, позволяющих проводить сравнительный анализ различных вариантов защиты информационных систем (ИС).

Известно также достаточно большое число программных продуктов, позволяющих автоматизировать расчет рисков нарушения ИБ. Они обладают определенными достоинствами и недостатками. Так, например, общим недостатком CRAMM, RiskWatch, ГРИФ является ориентация на этап эксплуатации систем защиты информации (СЗИ); кроме того, в средствах отсутствует возможность учесть данные об изменении технологии обработки информации на объекте защиты и факторах, влияющих на степень эффективности применяемых систем ИБ.

В целях нивелирования вышеуказанных недостатков традиционных подходов к оценке рисков ИБ широко применяются методы когнитивного моделирования процессов, происходящих в ИС и системах ИБ, на основе нечётких когнитивных карт (НКК) [1-2]. Результаты когнитивного моделирования процессов ИБ позволяют повысить общую адекватность оценок рисков ИБ за счёт комплексного учёта факторов, влияющих на них [2].

В то же время, учитывая во многом экспертный характер оценок рисков ИБ, целесообразно использование моделей оценки рисков ИБ, основанных на нейро-нечётком выводе. Такие модели позволяют не только комплексно учесть всё многообразие экспертных оценок рисков ИБ, но и агрегировать их для получения общей оценки степени эффективности ИБ, что невозможно сделать с использованием подходов, основанных на когнитивном моделировании процессов, протекающих в системах ИБ [3]. Таким образом, задача разработки гибридного метода

когнитивного моделирования систем ИБ на основе НКК в комбинации с моделями нечёткого логического вывода является актуальной.

Анализ существующих подходов к оценке рисков информационной безопасности

Проведённый анализ существующих подходов к оценке рисков информационной безопасности показал, что методы когнитивного подхода находят применение для моделирования процессов в системах ИБ и позволяют строить более адекватные модели оценки рисков ИБ.

В работе [4] рассматриваются вопросы оценки информационных рисков на основе когнитивного моделирования информационной системы. На наш взгляд, эти подходы могут оказаться очень эффективными для решения задач управления информационной безопасностью, что связано с...

В статье [5] изучается вопрос применения технологии когнитивного моделирования для решения задач анализа и управления информационными рисками и основные этапы когнитивного анализа. Однако, в работе недостаточно полно учитывается сильная зависимость результатов применения нечётких когнитивных карт (НКК) от уровня качества входной информации и её оценок, используемых в НКК, что может снизить эффективность когнитивного анализа, и\или снизить точность его результатов.

В статье [6] предложены методы построения моделей угроз с помощью НКК на основе сетевой политики безопасности. Рассмотренные в статье методы подразумевают построение матрицы разграничения прав доступа, матрицы несанкционированного доступа (НСД) к информационным объектам и матрицы утечек, выступающих в виде исходных данных для построения НКК, задавая входные и выходные концепты карты. Проведённый анализ показал, что когнитивный подход позволяет построить адекватную и более достоверную модель угроз ИБ СЭД. Пример построения НКК, отражающей возможные потери конкретного СЭД - вуза от воздействия различных угроз на его информационную систему, приведен на рисунке 1 [7].

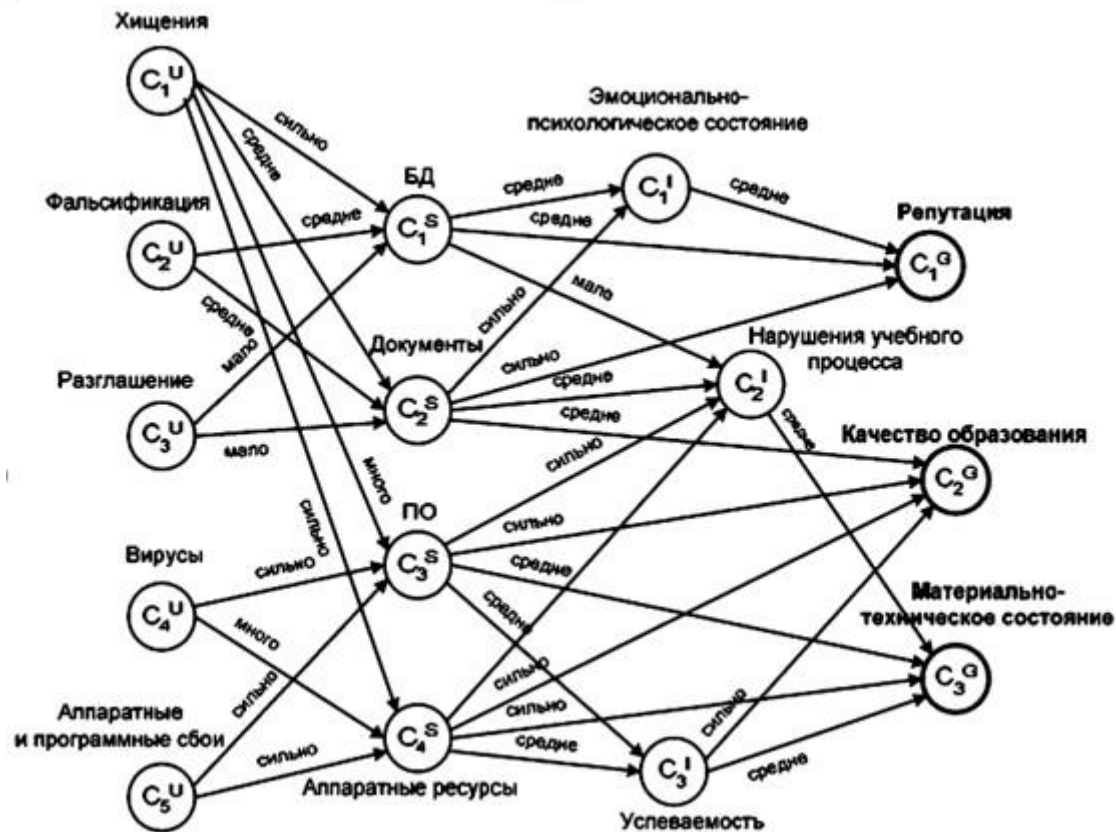


Рисунок 1. Нечёткая когнитивная карта для определения ущерба вузу в результате воздействия информационных угроз [Гузаиров М.Б., Васильев В.И., Кудрявцева Р.Т. Системный анализ информационных рисков вуза с применением нечетких когнитивных карт // Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т.5. №4.]

Рисунок 1 иллюстрирует вариант определения степеней влияния факторов, связанных с различными угрозами ИБ СЭД, на информационные активы СЭД.

В книге [8] рассматриваются вопросы теории и практики когнитивного моделирования – метода исследования сложных слабоструктурированных процессов и систем.

В статье [9] рассматривается общая теория НКК и приводятся ключевые характеристики систем, создаваемых на основе методов моделирования НКК (плотность, исходящая, входящая и общая центральность, соотношение числа переменных-приемников и переменных-передатчиков, индекс иерархии), что обуславливает применение методов моделирования НКК для оценки влияния факторов на уровень обеспечения и управления ИБ.

В статье [10] рассматриваются архитектура и функциональные характеристики многопользовательской системы поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА». Анализ вышеуказанной системы показал, что она может быть использована для построения НКК оценки влияния факторов на уровень обеспечения и управления информационной безопасностью, в силу наличия в ней функций поддержки

согласования мнений экспертов и динамического моделирования.

В работе [11] предложена методика анализа рисков информационной безопасности с использованием нечёткой логики, реализованная на базе инструментария Matlab, позволяющая комплексно оценить риски информационной безопасности с учётом влияния информационных угроз на получаемые оценки. Анализ показал, что оценка рисков ИБ с использованием методов, основанных на нечёткой логике, позволяет более точно оценить факторы, влияющие на уровень защищённости информационного обеспечения СЭД. Однако, в силу экспертности таких оценок, они могут быть подвержены человеческому фактору и должны применяться в совокупности с методами статистического анализа и групповых оценок.

В статье [12] предложена нечеткая модель оценки рисков информационной безопасности и поддержки уровня защищенности ERP-систем с использованием лингвистического подхода к описанию факторов оценок рисков ИБ СЭД, позволяющая оценить влияние факторов на оценки рисков ИБ СЭД, учитывая качественный, неточный и во многом не определенный или неполный характер информации о большинстве факторов. Анализ показал, что используемый в статье подход позволяет существенно повысить точность

получаемых оценок рисков ИБ за счёт более полного учёта факторов, влияющих на них.

Результаты анализа методов когнитивного моделирования и методов нечёткого логического

вывода применительно к задаче анализа факторов, влияющих на состояние ИБ СЭД, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты сравнительного анализа методов когнитивного моделирования и методов нечёткого логического вывода

№ п\п	Наименование метода	Преимущества метода	Недостатки метода
1	Метод построения	Возможность получения точных	Сложность агрегации полученных оценок для
№ п\п	Наименование метода	Преимущества метода	Недостатки метода
	моделей угроз с помощью НКК	оценок степеней влияния факторов на состояние ИБ СЭД	отражения общего уровня влияния факторов на степень защищённости СЭД от информационных угроз
2	Метод анализа рисков информационной безопасности с использованием нечёткой логики	Возможность агрегации полученных частных оценок рисков ИБ	Высокая чувствительность метода к корректности точечных оценок Высокая степень влияния человеческого фактора на агрегированную оценку

Анализ современных научных информационных источников и данных, представленных в таблице 1, показал, что методы когнитивного моделирования факторов, влияющих на оценки рисков ИБ СЭД позволяют уточнить существующие оценки рисков ИБ СЭД за счёт комплексности учёта факторов, влияющих на состояние ИБ СЭД. Вышеуказанные методы с успехом применяются для решения задач оценки рисков ИБ. Гибридизация методов когнитивного моделирования и методов нечёткой логики, применительно к задачам оценки рисков ИБ, как правило, позволяет устранить недостаток подхода, основанного на когнитивном моделировании заключающийся в сложности агрегации полученных частных оценок ИБ СЭД, за счет применения подхода, основанного на нечёткой логике, позволяющего агрегировать полученные частные оценки рисков ИБ. При этом, результаты моделирования угроз ИБ с помощью НКК являются входными данными для нечёткой модели анализа рисков ИБ СЭД. Например, в [13] предложен гибридный подход к прогнозированию временных рядов, основанный на применении нейро-нечётких прогнозных моделей и НКК. Эти методы позволяют более точно предсказывать состояния объектов, что позволяет успешно использовать их для оценки рисков ИБ СЭД в реальном масштабе времени. Однако, существенным недостатком вышеуказанных моделей является их высокая чувствительность к исходным данным, что снижает эффективность их применения для анализа большого количества разнообразных количественных и качественных факторов, влияющих на состояние ИБ СЭД. Для решения этой задачи целесообразна разработка и применение гибридного метода когнитивного моделирования систем информационной безопасности, менее чувствительного к исходным данным.

Также следует отметить, что, вышеуказанные методы не позволяют получить общую оценку уровня защищённости информационных активов СЭД от информационных угроз. Для решения этой задачи можно применить методы нечёткого логического вывода, позволяющие агрегировать полученные ранее оценки влияния факторов на оценки рисков ИБ СЭД.

В работе [14] показано, что применение гибридной модели оценки рисков в ИС позволяет снизить время, требуемое для выработки управляющих воздействий на компоненты системы. Это позволяет существенно повысить оперативность принятия решений на управление ИС в целом, и систем ИБ, в частности.

В статье [15] утверждается, что процесс оценки рисков является периодическим, что связано с динамичностью средств и систем информатизации СЭД и проявляется в необходимости периодической переоценки рисков ИБ. Такой характер процессов оценки рисков ИБ обуславливает необходимость разработки гибридного метода когнитивного моделирования систем информационной безопасности, позволяющего не только получать точные оценки рисков ИБ с учётом факторов, влияющих на них, но и агрегировать полученные оценки с достаточной степенью точности и достоверности для получения общей оценки уровня качества ИБ СЭД. Такая оценка может быть использована для повышения качества принимаемых решений на управление ИБ СЭД.

Концептуальный подход к решению задачи построения гибридной модели систем информационной безопасности

Предложенный гибридный метод когнитивного моделирования систем информационной безопасности основан на совместном применении методов когнитивного моделирования и нечёткого логического вывода.

Концептуальная схема предлагаемого гибридного метода когнитивного моделирования систем информационной безопасности представлена на рисунке 2.

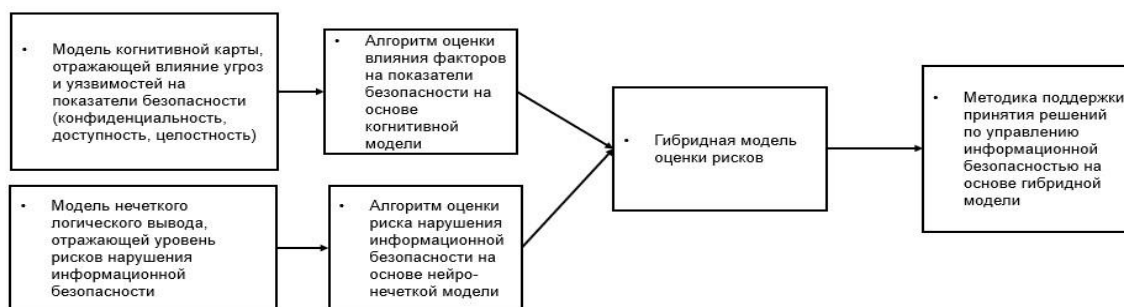


Рисунок 2. Концептуальная схема предлагаемого гибридного метода когнитивного моделирования систем информационной безопасности

Согласно рисунку 2, концептуальная схема гибридной модели включает следующие компоненты:

Разработка модели когнитивной карты, отражающей влияние угроз и уязвимостей на показатели ИБ СЭД;

Разработка алгоритма оценки влияния факторов на показатели ИБ СЭД на основе разработанной когнитивной модели;

Разработка модели нечеткого логического вывода, отражающей уровень рисков нарушения ИБ СЭД;

Разработка алгоритма оценки риска нарушения ИБ СЭД на основе нейро-нечеткой модели логического вывода;

Разработка гибридной модели оценки рисков ИБ СЭД;

Разработка методики поддержки принятия решений по управлению информационной безопасностью на основе гибридной модели.

В результате разработки и применения гибридной модели оценки рисков ИБ СЭД ожидается получение комплексной модели системы поддержки принятия решений по управлению информационной безопасностью СЭД.

Гибридный метод когнитивного моделирования систем информационной безопасности позволяет существенно повысить уровень защищенности СЭД от информационных угроз за счёт построения и последующего применения когнитивных карт, используемых для получения более точных оценок влияния факторов на состояние информационной безопасности СЭД, с одной стороны, и применения методов нечёткого логического вывода, служащих для агрегации полученных ранее оценок влияния факторов на состояние ИБ СЭД, с другой стороны. Комбинация вышеуказанных методов также позволит снизить чувствительность метода к исходным данным по сравнению с существующими методами когнитивного моделирования факторов, влияющих на оценку рисков ИБ СЭД. Полученная агрегированная оценка рисков ИБ СЭД, учитывающая влияние факторов на состояние ИБ СЭД, может быть использована для повышения качества принимаемых решений на управление ИБ СЭД.

Заключение

В работе проведён анализ существующих подходов к анализу рисков информационной безопасности на основе когнитивного моделирования и нечёткой логики. В результате анализа установлено, что методы когнитивного моделирования факторов, влияющих на оценки рисков ИБ СЭД позволяют уточнить существующие оценки рисков ИБ СЭД за счёт сложности учёта факторов, влияющих на состояние ИБ СЭД. Однако, вышеуказанные методы не позволяют повысить качество принимаемых решений на управление ИБ СЭД. Для решения этой задачи можно применить методы нечёткого логического вывода, позволяющие агрегировать полученные ранее оценки влияния факторов на оценки рисков ИБ СЭД. Полученная агрегированная оценка влияния факторов на состояние ИБ СЭД может быть использована для повышения качества принимаемых решений на управление ИБ СЭД.

Список использованной литературы

Микрюков А.А., Усцелемов В.Н. Построение подсистемы информационной безопасности на основе прецедентного подхода // Научное обозрение. 2013. №12. С. 227-230 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21219138> (дата обращения: 02.03.2023).

Микрюков А.А. Когнитивные технологии в системах поддержки принятия решений в цифровой экономике // Инновации и инвестиции. 2018. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnye-tehnologii-vsistemah-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-tsifrovoy-ekonomike> (дата обращения: 02.03.2023).

Микрюков А.А., Усцелемов В.Н. Модель оценки степени риска информационных угроз в инфокоммуникационных системах на основе нейро-нечеткого вывода // Научное обозрение. 2013. №12. С. 219-222 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21219136> (дата обращения: 02.03.2023).

Васильев В. И., Кудрявцева Р. Т., Юдинцев В. А. Автоматизация процесса оценки информационных рисков с использованием

нечетких когнитивных карт // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2014. №3 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protssessa-otsenkiinformatsionnyh-riskov-s-ispolzovaniem-nechetkih-kognitivnyh-kart> (дата обращения: 02.02.2023).

Васильев В. И., Вульфин А. М., Кудрявцева Р. Т. Анализ и управление рисками информационной безопасности с использованием технологии когнитивного моделирования // Доклады ТУСУР. 2017. №4. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-upravlenie-riskamiinformatsionnoy-bezopasnosti-s-ispolzovaniem-tehnologii-kognitivnogomodelirovaniya> (дата обращения: 02.02.2023).

Гузаиров М. Б., Машкина И. В., Степанова Е. С. Построение модели угроз с помощью нечетких когнитивных карт на основе сетевой политики безопасности // Безопасность информационных технологий. 2011. Т.18. №2 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18810948> (дата обращения: 02.02.2023).

Гузаиров М.Б., Васильев В.И., Кудрявцева Р.Т. Системный анализ информационных рисков вуза с применением нечетких когнитивных карт // Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т.5. №4.

Мальцев В.А. Теория и практика когнитивного моделирования социально-экономических и политических процессов [Текст]: учебнометодическое пособие / [В. А. Мальцев и др.]; Волго-Вятская акад. гос. службы. - Нижний Новгород: Изд-во Волго-Вятской акад. гос. службы, 2010. - 80 с.: ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-85152-823-1

Заграновская А. В. Системный анализ на основе нечетких когнитивных карт // Вестник РЭА им. Г. В. Плеханова. 2018. №4 (100). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-na-osnove-nechetkihkognitivnyh-kart> (дата обращения: 02.02.2023).

Гулаков В.К., Подвесовский А.Г., Лагерев Д.Г. Система поддержки принятия решений на основе когнитивного моделирования «игла» //

Программные продукты и системы. 2007. №3. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-naosnove-kognitivnogo-modelirovaniya-igla> (дата обращения: 02.02.2023).

Баранова Е. К., Гусев А. М. Методика анализа рисков информационной безопасности с использованием нечёткой логики на базе инструментария Matlab // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-analiza-riskovinformatsionnoy-bezopasnosti-s-ispolzovaniem-nechyoitkoy-logiki-na-bazeinstrumentariya-matlab> (дата обращения: 21.02.2023).

Корнев Л. В. Нечеткая модель оценки рисков информационной безопасности и поддержки уровня защищенности ERP-систем / Л. В. Корнев. // Молодой ученый. — 2021. — № 27 (369). — С. 48-54. — URL: <https://moluch.ru/archive/369/83061/> (дата обращения: 21.02.2023).

Yarushev S., Averkin A. Hybrid approach for time series forecasting based on ANFIS and Fuzzy Cognitive Maps / Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM 2017). St. Petersburg, 2017. Pp. 379-381.

Микрюков А.А., Усцеломов В.Н. Гибридная модель оценки рисков в информационных системах // Прикладная информатика. 2014. №1 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnaya-model-otsenki-riskov-vinformatsionnyh-sistemah> (дата обращения: 02.03.2023).

Садриева А.С. Методы нечеткой логики в оценке рисков информационной безопасности // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017039603> (дата обращения: 21.02.2023).

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 532.59: 532.501.34

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ВЗРЫВНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Неволин В.Г.

THE GENERATION OF SURFACE WAVES BY THE EXPLOSIVE PRESSURE IMPULSE

V. G. Nevolin

АННОТАЦИЯ

Рассматривается модельная задача возбуждения поверхностных волн взрывом. Исследование проводится для случая несжимаемой жидкости. Отсюда взрывное давление моделируется повышением плотности жидкости, в которой происходит взрыв.

Проблема возникла в связи с возможностью уничтожения смерча взрывом [1]. Разрушение смерча обусловлено возбуждением волн на границе раздела между нисходящим и восходящим потоками. Рост амплитуды этих волн приводит к схлопыванию так называемого глаза бури. Поскольку использование взрыва для уничтожения смерча часто сопровождается ещё и разрушением окружающей инфраструктуры, то исследуется возможность уничтожения смерча периодическим взрывным воздействием меньшей мощности.

ABSTRACT

The model problem of the generation of surface waves by the explosive pressure impulse is considered. The study is conducted for the case of the incompressible fluid. Because of that, the explosive pressure is modeled by the increase of the density of the fluid, inside which the explosion takes place.

This problem arose in connection with the possibility to destroy a tornado with the help of the explosion [1]. The destruction of a tornado is caused by the generation of waves on the interface between the descending and ascending flows. The increase of the amplitude of these waves leads to a collapse of the so-called eye of the storm. Since using the explosion for the destruction of a tornado is often accompanied by the destruction of the surrounding infrastructure, the possibility of the destruction of a tornado by the periodical explosive impact of lower power is studied.

Ключевые слова: Поверхностные волны, несжимаемая жидкость, плотность жидкости, давление взрыва, длительность действия взрыва, периодичность взрывного воздействия.

Key words: surface waves, incompressible fluid, fluid density, explosive pressure, duration of the effect of the explosion, frequency of the explosive impact

Рассматривается устойчивость поверхности раздела слоёв вязкой несжимаемой жидкости бесконечной глубины, когда в верхнем слое действуют или одиночный импульс давления длительностью τ (рис.1, *a*), или же периодическое воздействие одиночными импульсами давления (рис.1, *b*).

Задача решается в линейном по вязкости приближении методом преобразования Лапласа по времени.

Поскольку рассмотрение проводится для случая несжимаемой жидкости, то изменение давления отождествляется с изменением плотности жидкости. Предполагается, что изменение давления не влияет на вязкость жидкости.

Равновесное состояние рассматриваемой системы запишется в виде:

$$V_{0i} = 0, \zeta_0 = 0, p_i = P_g - \rho_i g z, (1)$$

где $V = (u, v, w)$ – вектор скорости, ρ – плотность жидкости, ζ – смещение поверхности от положения равновесия, P_g – давление на границе раздела при $z = 0$, $i = 1, 2$ – номер жидкости. Жидкость с $i = 1$ заполняет полупространство $z \leq 0$, а жидкость с $i = 2$ заполняет область $z > 0$.

Исследуем устойчивость равновесия (1), для чего обычным образом внесём возмущения

скорости и давления. Выбирая в качестве единиц измерения длины, времени, частоты, скорости и давления соответственно $[\alpha/(\rho_1 + \rho_2)g]^{1/2}$, $[\alpha/(\rho_1 + \rho_2)g^3]^{1/4}$, $[(\rho_1 + \rho_2)g^3/\alpha]^{1/4}$, $[\alpha g/(\rho_1 + \rho_2)]^{1/4}$ и $[\alpha g/(\rho_1 + \rho_2)]^{1/2}$, получим для возмущений следующую линеаризованную систему уравнений:

$$\partial \mathbf{v}_i / \partial t = - (1/\beta_i) \nabla p_i + \gamma_i \nabla^2 \mathbf{v}_i, \nabla \mathbf{v}_i = 0, (2)$$

$$\text{где } \beta_i = \rho_i / (\rho_1 + \rho_2), \gamma_i = v_i [g(\rho_1 + \rho_2)^3 / \alpha^3]^{1/4}, \rho_2 = \rho_g + \Delta\rho, \beta_2 = \beta_{20} + \Delta\beta,$$

$$\beta_{20} = \rho_g / (\rho_1 + \rho_g), \Delta\beta = \Delta\rho / (\rho_1 + \rho_g).$$

Здесь α - коэффициент поверхностного натяжения на границе раздела. Изменение плотности $\Delta\rho$ в области $z > 0$ найдём, например, из уравнения $P_m/P_g = (\rho_m/\rho_g)^3$, т.е. $\Delta\rho = \rho_g[(P_m/P_g)^{1/3} - 1]$ (см., например [2]). Индекс g говорит об исходных параметрах жидкости с номером 2 (газовая среда).

Индекс m соответствует параметрам жидкости с номером 2 при взрывном давлении, $P_g = P_0$ - атмосферное давление (давление на границе раздела жидкость-газ).

В линейном по ζ приближении, имеем на границе раздела следующее [3]:

$$(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)\mathbf{n} = 0, (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2) \times \mathbf{n} = 0, \partial\zeta/\partial t = w_1, (3)$$

$$\beta_1\gamma_1(\partial u_1/\partial z + \partial w_1/\partial x) = \beta_2\gamma_2(\partial u_2/\partial z + \partial w_2/\partial x),$$

$$\beta_1\gamma_1(\partial v_1/\partial z + \partial w_1/\partial y) = \beta_2\gamma_2(\partial v_2/\partial z + \partial w_2/\partial y),$$

$$p_1 - p_2 = (\beta_1 - \beta_2)\zeta - (\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)\zeta + 2\beta_1\gamma_1\partial w_1/\partial z - 2\beta_2\gamma_2\partial w_2/\partial z.$$

При $z \rightarrow \pm\infty$ $v_i \rightarrow 0$.

Здесь $\mathbf{n} = (-\partial\zeta/\partial x, -\partial\zeta/\partial y, 1)$ единичный вектор нормали к поверхности.

Совершая преобразования Фурье по переменным x, y и Лапласа по времени и учитывая, что $v_i(t=0) = 0, \zeta(t=0) = 0$ и $v_i, \zeta, \partial v_i/\partial x, \partial v_i/\partial y, \partial\zeta/\partial y$

$\rightarrow 0$ при $|x, y| \rightarrow \pm\infty$, получим, поступая также как и в работе [4], после обратного преобразования Лапласа в линейном по вязкости и приращению плотности приближении следующее уравнение для смещения поверхности от положения равновесия:

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\delta\frac{d\zeta}{dt} + \Omega_0^2\zeta = 0, (4)$$

$$\text{где } \delta = \left(\beta_1\gamma_1 + \beta_{20}\gamma_2 + \frac{\beta_1^2\gamma_1^{3/2} + \beta_{20}^2\gamma_2^{3/2} - 2\beta_1\beta_{20}(\gamma_1\sqrt{\gamma_2} + \gamma_2\sqrt{\gamma_1})}{\beta_1\sqrt{\gamma_1} + \beta_{20}\sqrt{\gamma_2}} \right) k^2, \Omega_0^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_0), \Omega_1^2 = (kq - k^3), k$$

- волновое число.

Здесь $q \equiv \Delta\beta = (\beta_1 - \beta_m) = -\beta_1[(P_m/P_0)^{1/3} - 1]$ при $0 \leq t \leq \tau$ и $q = (\beta_1 - \beta_0)$, если $0 \geq t \geq \tau$ (Фиг. 1, а).

На участке $0 \leq t \leq \tau$ общее решение уравнения (4) имеет вид:

$$\zeta_1 = e^{-\delta t}(C_1 \text{sh}\Omega_1 t + C_2 \text{ch}\Omega_1 t),$$

а на участке $0 \geq t \geq \tau$ общее решение уравнения (4) имеет вид:

$$\zeta_1(0) = \zeta_2(0), \partial\zeta_1(0)/\partial t = \partial\zeta_2(0)/\partial t, \zeta_1(\tau) = \zeta_2(\tau), \partial\zeta_1(\tau)/\partial t = \partial\zeta_2(\tau)/\partial t$$

получим систему линейных однородных уравнений для постоянных C_1, C_2, C_3, C_4 [5]. Из равенства нулю определителя этой системы

$$2\Omega_1\Omega_2[(\text{ch}\Omega_1\tau) \cdot (\cos\Omega_2\tau) - 1] - (\Omega_1^2 - \Omega_2^2)(\text{sh}\Omega_1\tau) \cdot (\sin\Omega_2\tau) = 0. (5)$$

Уравнение (5) связывает между собой волновое число (длину волны), возбуждаемых поверхностных волн, время действия взрыва с амплитудой взрывного давления $\Delta P = P_m - P_0$.

При реализации режима движения «b» (Рис. 1) уравнение (4) примет вид:

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\delta\frac{d\zeta}{dt} + \Omega_0^2\zeta = 0. (6)$$

Здесь на участке 1 ($0 < t < T/2$) $\Omega_{01}^2 = -[k(\beta_m - \beta_1) - k^3] = -\{k\beta_1[(P_m/P_g)^{1/3} - 1] - k^3\} = -\Omega_1^2$, а на участке 2 ($T/2 < t < T$) $\Omega_{02}^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_g)$ (см. фиг. 1, b). Общее решение уравнения (6) имеет вид:

$$\zeta_1 = e^{-\delta t}(C_1 \text{sh}\Omega_1 t + C_2 \text{ch}\Omega_1 t),$$

$$\zeta_2 = e^{-\delta t}(C_3 \sin\Omega_2 t + C_4 \cos\Omega_2 t),$$

$$\text{где } \Omega_1^2 = (kG - \Omega_2^2), \Omega_2^2 = (\Omega_0^2 - \delta^2), G \equiv (\beta_m - \beta_g) = \beta_g[(P_m/P_g)^{1/3} - 1], \Omega_0^2 = k^3 + k(\beta_1 - \beta_0).$$

Из условий непрерывности на границе участков 1 и 2 при $t = T/2$

$$\zeta_1 = \zeta_2, \partial \zeta_1 / \partial t = \partial \zeta_2 / \partial t$$

вместе с условиями «воспроизводства» через период T

$$\mu^2 - 2\mu\{ch(T\Omega_1/2) \cdot \cos(T\Omega_0/2) - [(\Omega_1^2 - \Omega_0^2)/2\Omega_1\Omega_0]sh(T\Omega_1/2) \cdot \sin(T\Omega_0/2)\}e^{\delta T} + e^{-2\delta T} = 0. (7)$$

Периодические решения получаются при $\mu = \pm 1$. Отсюда для границ области устойчивости получаем:

$$ch(T\Omega_1/2) \cdot \cos(T\Omega_0/2) - [(\Omega_1^2 - \Omega_0^2)/2\Omega_1\Omega_0]sh(T\Omega_1/2) \cdot \sin(T\Omega_0/2) = \pm ch(\delta T). (8)$$

Знак плюс соответствует «целым» решениям, т.е. колебаниям поверхности с периодом, равным периоду модуляции, а знак минус соответствует «полуцелым» решениям, когда период колебаний поверхности вдвое больше периода модуляции.

Уравнения (8) связывает между собой волновое число k , вязкое трение δ с амплитудой и частотой (периодом) модуляции давления ΔP .

Амплитуда давления одиночного и периодически действующего взрыва от времени их действия для различных значений волнового числа приведена на фиг.2.

Заключение. Получена зависимость значений амплитуд взрывного давления для единичного и периодического взрывного воздействия от времени их действия для различных значений волнового числа.

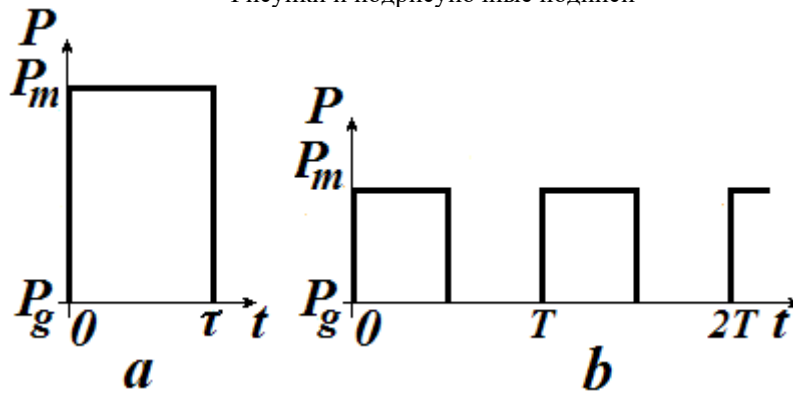
$$\zeta_2(T) = \mu\zeta_1(0), \partial \zeta_2 / \partial t|_{t=T} = \mu\partial \zeta_1 / \partial t|_{t=0}$$

получим систему линейных однородных уравнений для постоянных C_1, C_2, C_3, C_4 . Из равенства нулю определителя этой системы уравнений, получим для фактора μ квадратное уравнение [6]:

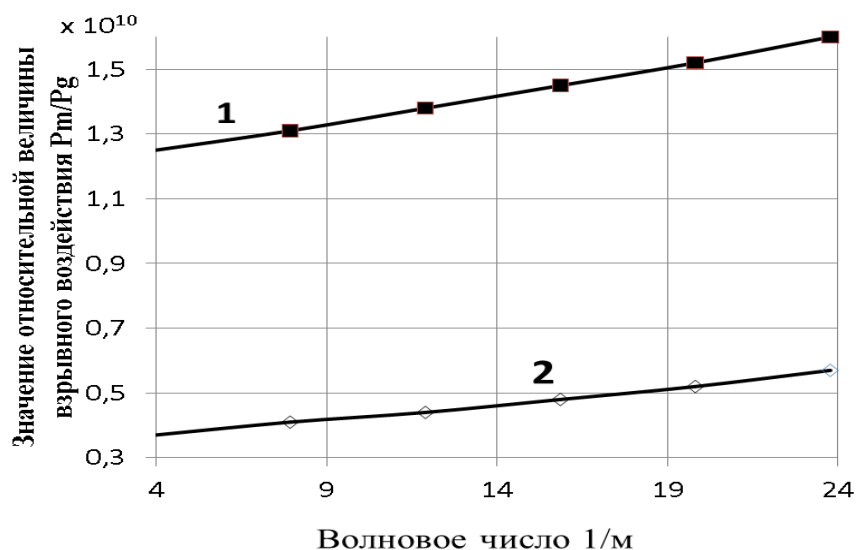
Литература

1. Таланов Б.П. Способ борьбы со смерчем. Пат. РФ № 2062660, МПК: А01G 15/00// БИ 2002, №15.
2. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М.: Гостехиздат. 1959. – 799 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред, гл.2. М.-Л., Гостехиздат, 1944.
4. Неволин В.Г. Параметрическое возбуждение волн на границе раздела.//Изв. АН СССР. МЖГ. – 1977. – Вып. 2. – С.167-170.
5. Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний. М.: Высшая школа, 2001. – 395 с.
6. Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Ковективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Главная редакция ф.-мат. Литературы изд-ва «Наука», 1972. – 392 с.

Рисунки и подрисуночные подписи



Фиг. 1. Импульс давления взрыва: а) одиночный импульс взрывного давления, б) периодически действующие взрывные импульсы. P_m – амплитудное значение давления взрыва, P_g – исходное гидростатическое давление на границе раздела.



Фиг. 2. Зависимость относительной амплитуды взрывного давления от времени действия взрыва. Здесь P_m – давление взрыва, $P_g \equiv P_0$ – атмосферное давление, 1) Одноразовое взрывное воздействие длительностью 0,01 с, 2) Периодическое взрывное воздействие с периодом 0,02 с.

519.683.8, 519.688

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ

Новиков М.Д.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
факультет вычислительной математики и кибернетики,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 52, факультет ВМК.

AUTOMATIC TESTING OF COMPLEX PASCAL PROGRAMS

M.D. Novikov

Moscow State university,
Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics,
Russia, 119991, Moscow, GSP-1, 1-52, Leninskiye Gory.
DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.729](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2023.1.88.729)

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена автоматическому тестированию программ на языке Паскаль, выполняемых студентами первого курса факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М. В. Ломоносова. Описывается представление сложных структур данных на экране компьютера и тестирование программ, допускающих различные варианты правильных ответов.

ABSTRACT

The article is devoted to automatic testing of Pascal programs created by first year students of the faculty of computational mathematics and cybernetics of Moscow state university. Output of complex data to the computer screen is described. Testing of programs with multiple correct answers is discussed.

Ключевые слова: программирование, язык Паскаль, тестирование программ, структуры данных.

Key words: programming, Pascal language, program testing, data structures.

Введение.

На факультете ВМК МГУ с 2017 года используется система автоматического тестирования программ (САТП), предназначенная для проверки правильности программ на языке Паскаль, выполняемых студентами первого курса в рамках практикума на ЭВМ. Задачи для тестирования взяты, в основном, из книг [1], [2] и [3]. Эти книги содержат как задачи на составление программ, тестирование которых не вызывает затруднений, так и задачи, требующие нетривиальных алгоритмов для их программной реализации и специальных методов проверки

правильности этих алгоритмов. Возможности САТП следующие: 1) можно тестировать как полную программу, так и фрагмент программы – процедуру или функцию; 2) проверяется выполнение формальных требований к программе, указанных в [1], [2] и [3] – это обычно запрет или, наоборот, обязательное использование каких-либо конструкций языка Паскаль; 3) проверяется корректность использования динамической памяти ЭВМ; 4) производится анализ выдаваемых тестируемой программой результатов на предмет их правильности. Основная информация по САТП изложена в работах [4], [5] и [6]. Данная статья

посвящена выводу на экран данных сложной структуры, а также тестированию программ, допускающих различные верные ответы.

1. Тестирование программ, использующих данные сложной структуры.

САТП тестирует программы, проверяя их правильность на различных наборах исходных данных. Она выводит исходные данные, полученный тестируемой программой результат и правильный результат для каждого теста. Вывод информации для скалярных числовых или символьных данных не представляет затруднений. Например, в задаче подсчета количества цифр неотрицательного целого числа ([1], задача 5.6 e), на экран компьютера выводятся исходные данные и результаты тестирования следующим образом:

Тест 1.
Исходные данные: 0
Полученный результат: 1
Правильный результат: 1
Верно.
Тест 2.
Исходные данные: 10
Полученный результат: 2
Правильный результат: 2
Верно.
и. т. д.

такой вывод компактен, понятен и не требует каких-либо пояснений.

Сложнее обстоит дело при тестировании программ, содержащих в качестве исходных данных одномерные массивы, матрицы, а также списки и двоичные деревья (см. [1], главы 16 и 17).

Вводимая и выводимая информация содержит большое количество чисел или символов, которые надо компактно разместить на экране так, чтобы было легко проанализировать результаты тестирования и найти ошибку в тестируемой программе в случае неверного ответа.

САТП выводит каждый массив или список в виде строки из чисел или символов; матрица выводится в виде прямоугольной таблицы, т.е. используются традиционные методы вывода такой информации. Сложнее обстоит дело с выводом двоичных деревьев. Требования к выводу те же – информация должна быть компактной и удобной для анализа.

Обычное графическое представление деревьев в виде последовательности соединенных ребрами вершин занимает много места на экране компьютера, сложно в реализации (особенно в случае дерева большой глубины и/или большого количества вершин) и обычно не требуется для установления причин, по которым тестируемая программа выдает неверный результат для какого-либо двоичного дерева. К тому же задачи на анализ и преобразование двоичных деревьев сложны в реализации и соответствующие программы требуют большого количества тестов, которые должны быть компактно размещены на экране компьютера. Поэтому в САТП было выбрано представление двоичного дерева в виде последовательности путей от вершины к листьям. Оно оказалось простым для реализации и удобным для анализа результатов тестирования.

Например, дерево

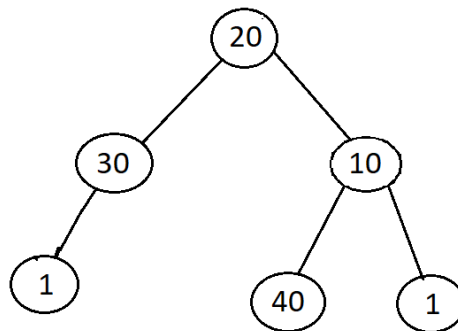


Рис. 1.

записывается как T 20 TL 30 TLL 1 TR 10 TRL 40 TRR 1. Такая форма экономит место на экране, позволяет увидеть результаты многих тестов одновременно и легко воссоздать исходное дерево для анализа в случае неверной работы программы на нём.

В качестве примера рассмотрим рекурсивную функцию, вычисляющую величину наибольшего элемента непустого дерева T ([1], задача 17.8 r):

```

Type Tree=^node; node=record data:real; left,
right:tree end;
Function Max(T:tree): real;
Var M1,M2:real;
Begin
If T=Nil Then Max:=0
Else Begin

```

```

M1:=Max(T^.left); M2:=Max(T^.right);
If M1<M2 Then M1:=M2; If M1<T^.data Then
M1:=T^.data;
Max:=T1 End;
End;

```

Эта функция содержит часто встречающуюся в студенческих программах ошибку. Она заключается в том, что в случае пустого дерева функция принимает значение 0. Соответственно, если в дереве все элементы отрицательны, то результат будет неверным.

Пример тестирования этой функции:

Тест 1.
Исходные данные: T 50
Полученный результат: 50
Правильный результат: 50

Верно.
Тест 2.
Исходные данные: T 80 TL -1 TLL 0.5 TLR -10
TR 100 TRL 60 TRR 60
Полученный результат: 100
Правильный результат: 100
Верно.
Тест 3.
Исходные данные: T -10 TL -1 TR -2 TRL -80
Полученный результат: 0
Правильный результат: -1
Ошибка.
и. т. д.

Из приведенных результатов тестирования сразу видно, что функция выдает неверный ответ в случае отрицательности всех элементов дерева.

Правильный вариант функции:
Function Max(T:tree): real;
Var M1,M2:real;
Begin
If (T^.left=Nil)and(T^.Right=Nil) Then
Max:=T^.data
Else Begin
If T^.left<>Nil Then M1:=Max(T^.left) else
M1:=T^.data;
If T^.right<>Nil Then M1:=Max(T^.right) else
M1:=T^.data;
If M1<M2 Then M1:=M2; If M1<T^.data Then
M1:=T^.data;
Max:=T1 End;
End;

2. Тестирование программ, допускающих различные варианты правильных ответов.

В книгах [1], [2] и [3] содержатся задачи, требующие нетривиальных алгоритмов для их решения и часто допускающие более одного правильного ответа. Поэтому возникает проблема анализа результата, выдаваемого тестируемой программой на предмет его правильности. Просто сравнить результат с эталоном в этом случае недостаточно. Каждая такая задача требует индивидуального подхода.

Перечислим основные задачи, для которых реализован специальный анализ результата на предмет его правильности.

а) Задачи 17.17 з, и, м, н, о, п из [1]. Это задачи на построение или преобразование двоичных деревьев поиска: з) построение дерева поиска из заданных чисел, и) построение дерева поиска наименьшей высоты из заданных упорядоченных по возрастанию чисел, м) удаление из дерева поиска заданного элемента, н) объединение двух деревьев поиска в одно, о) и п) выделение из дерева поиска некоторого поддеревья. Все эти задачи допускают более одного правильного ответа. Например, можно построить два различных дерева поиска наименьшей высоты, равной двум, из двух чисел А и В (для определенности можно считать, что $A < B$):

T A TR B
и
T B TL A.

Оба ответа – правильные. Поэтому во всех указанных выше задачах производится анализ выдаваемого в качестве результата двоичного дерева: оно должно быть деревом поиска, состоять из требуемых вершин и иметь высоту, равную $1 + \lceil \log_2 N \rceil$, где N – число его вершин (для задачи 17.17 и). Конкретное расположение ребер между вершинами не имеет значения.

б) Алгебраические задачи на нахождение корней уравнений, геометрические задачи на нахождение точек пересечения прямых, элементов треугольников и проч. ([1], 4.12 г) и д), 5.52, 11.22, 18.3). Результат (совокупность чисел) может быть выведен в любом порядке.

в) Задачи 18.34, 18.35, 18.36, 18.38 и 18.40 из книги [1]. Это задачи, каждая из которых требует специального подхода к анализу решения. В САТП проверка правильности производится по специальным алгоритмам, индивидуальным для каждой из задач.

1) 18.34. В массиве из натуральных чисел требуется заменить нулем минимальное количество элементов так, чтобы сумма элементов массива стала меньше заданного числа S . Верным считается любой ответ, содержащий минимальное число нулей в массиве; при этом должно быть выполнено заданное ограничение на сумму.

2) 18.35. Задано N предметов. О каждом из них известен его вес и стоимость. Требуется найти такую выборку из этих предметов, чтобы их совокупный вес не превышал заданной величины, а стоимость была максимальной. Верным считается любая выборка с максимально возможной стоимостью и, если таких выборов больше одной, то правильной считается выборка с минимальным совокупным весом.

3) 18.36. Заданы N натуральных чисел x_1, x_2, \dots, x_n и число S . Требуется так расставить знаки арифметических операций между числами x_1, x_2, \dots, x_n , чтобы получившееся выражение имело значение S . Любая расстановка со значением выражения, равным S , считается верной. Пример: $N=3$, числа равны 1, 2 и 3, $S=6$. Допустимые ответы: $1*2*3$ и $1+2+3$.

4) 18.38. Даны координаты концов N отрезков на прямой. Найти любую точку, принадлежащую максимальному количеству отрезков. Пример: $N=2$, отрезки $[0,4]$ и $[2,6]$. Любая точка на отрезке $[2,4]$ считается верным ответом.

5) 18.40. Даны координаты центров и радиусы N кругов на плоскости. Определить, существует ли хотя бы одна точка, принадлежащая всем этим кругам, и, если существует, вывести ее координаты. Верным ответом считается любая точка, принадлежащая всем кругам.

г) Задание 2 из книги [3] на обработку формул специального вида (см. также [1], задачи 17.15 и 17.16). Формула определяется следующим образом.

<формула> ::= <число> | <переменная> | (<формула> <знак> <формула>)
<знак> ::= + | - | *
<число> ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
<переменная> ::= X

Примеры формул: $(X+5)$, $((5-6)*X)$ и т.д.

Формула, получившаяся в результате указанного в задании преобразования, проверяется на правильность следующим образом: эквивалентными считаются все формулы, отличающиеся операциями, не меняющими их значений: это прибавление нуля и умножение на единицу. Например, эквивалентны формулы $(X+5)$ и $((X+5)+0)$, 5 и $(5*1)$ и т.д.

3. Заключение. Использование САТП существенно облегчило преподавателям проверку правильности программ, выполняемых студентами. Особенно это касается нетривиальных задач, ручное тестирование которых произвести сложно из-за большого количества необходимых тестов и входных данных для каждого теста. В настоящее время студенты приносят на проверку программы, уже проверенные и отлаженные с помощью САТП. Преподавателю остается лишь просмотреть текст каждой программы и задать студенту необходимые вопросы.

Список литературы.

1. Пильщиков В.Н. Язык Паскаль. Упражнения и задачи. М.: Научный мир, 2003, 224 с.
2. Бордаченкова Е.А., Панферов А.А. Задания практикума. 1 курс. М.: МАКС Пресс, 2016, 48 с.
3. Трифонов Н.П., Пильщиков В.Н. Задания практикума на ЭВМ (1 курс). М.: МГУ, 2001, 34 с.
4. Новиков М.Д. Система автоматического тестирования программ, написанных на языке Паскаль. // Альманах современной науки и образования. Изд-во Грамота (Тамбов), №6, 2017, с. 68-71.
5. Новиков М.Д. Тестирование программ на языке Паскаль, использующих динамическую память. // Eastern-European Scientific Journal, т.1, №3 (67), 2021, с. 45-47.
6. Новиков М.Д. Автоматическое тестирование студенческих программ. // В сб. Математические основы информатики и информационно-коммуникационных систем. Всероссийская научная конференция. Тверь, 2021, с. 235-239.

Ежемесячный научный журнал

Том 1 №88 / 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Чукмаев Александр Иванович

<https://orcid.org/0000-0002-4271-0305>

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права. Астана, Казахстан

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Садовская Валентина Степановна

AuthorID: 427133

Доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник культуры РФ, академик Международной академии Высшей школы, почетный профессор Европейского Института PR (Париж), член Европейского издательского и экспертного совета IEERP.

Ремизов Вячеслав Александрович

AuthorID: 560445

Доктор культурологии, кандидат философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной Академии информатизации, член Союза писателей РФ, лауреат государственной литературной премии им. Мамина-Сибиряка.

Измайлова Марина Алексеевна

AuthorID: 330964

Доктор экономических наук, профессор Департамента корпоративных финансов и корпоративного управления Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Гайдар Карина Марленовна

AuthorID: 293512

Доктор психологических наук, доцент. Член Российского психологического общества.

Слободчиков Илья Михайлович

AuthorID: 573434

Профессор, доктор психологических наук, кандидат педагогических наук.

Член-корреспондент Российской академии естественных наук.

Подольская Татьяна Афанасьевна

AuthorID: 410791

Профессор факультета психологии Гуманитарно-прогностического института. Доктор психологических наук. Профессор.

Пряжникова Елена Юрьевна

AuthorID: 416259

Преподаватель, профессор кафедры теории и практика управления факультета государственного и муниципального управления, профессор кафедры психологии и педагогики дистанционного обучения факультета дистанционного обучения ФБОУ ВО МГППУ

Набойченко Евгения Сергеевна

AuthorID: 391572

Доктор психологических наук, кандидат педагогических наук, профессор. Главный внештатный специалист по медицинской психологии Министерства здравоохранения Свердловской области.

Козлова Наталья Владимировна

AuthorID: 193376

Профессор на кафедре гражданского права юридического факультета МГУ

Крушельницкая Ольга Борисовна

AuthorID: 357563

кандидат психологических наук, доцент, заведующая кафедрой теоретических основ социальной психологии. Московский государственный областной университет.

Артамонова Алла Анатольевна

AuthorID: 681244

кандидат психологических наук, Российский государственный социальный университет, филиал Российского государственного социального университета в г. Тольятти.

Таранова Ольга Владимировна

AuthorID: 1065577

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральский гуманитарный институт, Департамент гуманитарного образования студентов инженерно-технических направлений, Кафедра управление персоналом и психологии (Екатеринбург)

Ряшина Вера Викторовна

AuthorID: 425693

Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО, лаборатория

профессионального развития педагогов (Москва)

Гусова Альбина Дударбековна

AuthorID: 596021

Заведующая кафедрой психологии. Доцент кафедры психологии, кандидат психологических наук Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, психолого-педагогический факультет (Владикавказ).

Минаев Валерий Владимирович

AuthorID: 493205

Российский государственный гуманитарный университет, кафедра мировой политики и международных отношений (общеуниверситетская) (Москва), доктор экономических наук

Попков Сергей Юрьевич

AuthorID: 750081

Всероссийский научно-исследовательский институт труда, Научно-исследовательский институт труда и социального страхования (Москва), доктор экономических наук

Тимофеев Станислав Владимирович

AuthorID: 450767

Российский государственный гуманитарный университет, юридический факультет, кафедра финансового права (Москва), доктор юридических наук

Васильев Кирилл Андреевич

AuthorID: 1095059

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт (Санкт-Петербург), кандидат экономических наук

Солянкина Любовь Николаевна

AuthorID: 652471

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), кандидат экономических наук

Карпенко Юрий Дмитриевич

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория эколого-гигиенической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

Малаховский Владимир Владимирович

AuthorID: 666188

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Факультеты, Факультет послевузовского профессионального образования врачей,

кафедра нелекарственных методов терапии и клинической физиологии (Москва), доктор медицинских наук.

Ильясов Олег Рашитович

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

Косс Виктор Викторович

AuthorID: 563195

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, НИИ спортивной медицины (Москва), кандидат медицинских наук.

Калинина Марина Анатольевна

AuthorID: 666558

Научный центр психического здоровья, Отдел по изучению психической патологии раннего детского возраста (Москва), кандидат медицинских наук.

Сырочкина Мария Александровна

AuthorID: 772151

Пфайзер, вакцины медицинский отдел (Екатеринбург), кандидат медицинских наук

Шукшина Людмила Викторовна

AuthorID: 484309

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Головной вуз: РЭУ им. Г.В. Плеханова, Центр гуманитарной подготовки, Кафедра психологии (Москва), доктор философских наук

Оленев Святослав Михайлович

AuthorID: 400037

Московская государственная академия хореографии, кафедра гуманитарных, социально-экономических дисциплин и менеджмента исполнительских искусств (Москва), доктор философских наук.

Терентий Ливиу Михайлович

AuthorID: 449829

Московская международная академия, ректорат (Москва), доктор филологических наук

Шкаренков Павел Петрович

AuthorID: 482473

Российский государственный гуманитарный университет (Москва), доктор исторических наук

Шалагина Елена Владимировна

AuthorID: 476878

Уральский государственный педагогический университет, кафедра теоретической и прикладной социологии (Екатеринбург), кандидат социологических наук

Франц Светлана Викторовна

AuthorID: 462855

Московская государственная академия хореографии, научно-методический отдел (Москва), кандидат философских наук

Франц Валерия Андреевна

AuthorID: 767545

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт государственного управления и предпринимательства (Екатеринбург), кандидат философских наук

Глазунов Николай Геннадьевич

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

Романова Илона Евгеньевна

AuthorID: 422218

Гуманитарный университет, факультет социальной психологии (Екатеринбург), кандидат философских наук

Ответственный редактор
Чукмаев Александр Иванович
Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая,
д. 44, к. 1, литера А

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель ООО «Логика+»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.