

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА,
АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН



SATBAYEV
UNIVERSITY



СБОРНИК ДОКЛАДОВ

«Қазақстандағы ғарыш – 2030. Ғарыш экономиканың тұрақты дамуының қозғалтқышы ретінде»

III Халықаралық конференциясы

III Международной конференции « Космос в Казахстане - 2030. Космос как двигатель устойчивого развития экономики»

III International Conference - “ Space in Kazakhstan - 2030. Space as an engine of sustainable economic development”



Алматы, 2025

УДК 629.78, 528
ББК 39.62

Редакционно-издательский совет:
Нургужин М.Р., Таштай Е.Т., Джаникеев М.С., Затолокин В.И.,
Секенов Б.Н., Сакпаев К.М.

В сборник включены материалы III Международной конференции « **Космос в Казахстане - 2030. Космос как двигатель устойчивого развития экономики**», посвящённой развитию космической отрасли в Казахстане как ключевого фактора устойчивого экономического роста. Рассматриваются вопросы развития спутниковой связи (KazSat), правового регулирования космической деятельности, трансфера технологий, хранения данных в космосе, проектирования ракет и систем спасения, кибербезопасности и освоения Марса. Особое внимание уделено вопросам цифрового суверенитета, интеллектуальной собственности и международного сотрудничества.

Сборник содержит доклады на казахском, русском и английском языках, охватывающие научные исследования, инженерные разработки и аналитические обзоры в области аэрокосмических технологий, включая: правовые и технологические аспекты спутниковой системы «KazSat», проектирование ультралёгких ракет и систем их посадки, методы хранения данных в космосе, моделирование спутниковой связи в труднодоступных районах, использование роботов и ИИ в исследованиях на Марсе, внедрение термоядерной энергии для дальних миссий, оценку патентной активности в космической сфере и др.

УДК 629.7
ББК 39.62

© КазННТУ им. К.И.
Сатпаева © Коллектив авторов

СОДЕРЖАНИЕ

Г.М. Ишкибаева, Д. Нұрмуханқызы, Г.Т. Султанова, А.К. Мусин	Казахстан в глобальной космической архитектуре: Роль космической системы связи «Kazsat» в формировании правовой базы и трансфера технологий	5
М.А. Куцев	Определение критериев владельца исключительных прав на услуги ремонта и модернизации специализированного, сложного электронного оборудования и систем контроля и управления космических систем	19
Д. Алданазарова, С. Оспанов	Хранение данных в космосе (англ)	32
Б.Е. Әбутәліп, К.С. Иванов	Создание компактного адаптивного привода для космического посадочного механизма	43
Р.Е Койчубаев.	Оценка методов прогнозирования отказов программного обеспечения для автономных космических систем	53
Ж.Ж. Маусымбекова, Е.Е. Исмаил	Расчет уровня риска различных кибератак (каз)	65
Д.Б.Төребай, А. Нурланқызы	Анализ и моделирование устойчивой спутниковой системы связи в труднодоступных районах (каз)	77
Г.Е. Жуламанова, С.Б. Косболов	Проектирование первой ступени ракеты-носителя сверх лёгкого класса, с возможностью вертикальной посадки.	87
Н.Н Ахметкарим, Г.Ж Жолдасбек, Н.К. Утелиева	Ультра жеңіл класты зымыранға парашюттық құтқару жүйесін әзірлеу және 3д модельдеу (каз)	99
Ә.С. Ғұсман, А.Б. Саурбекова, Н.К. Утелиева	Разработка системы управления спасательной системой ультралёгкой ракеты на основе датчика давления и соленоида (каз)	109

Б.Ж. Жалғас, Д.А. Ибрагимов, Н.К. Утелиева	Проектирование систем связи для исследование марсианских пещер с использованием робота spot (каз)	119
Б.Т. Абдуллаева, Г.Д. Бағытова	Сравнительный анализ поиска воды на марсе	128
А. Калихан, Г. Гарипова, Н. Ибрахимқызы А. Мамбаева	Созвездия, видимые с земли, и наблюдение за их физическими особенностями (каз)	139
А.В Немытова	Применение термоядерного синтеза в качестве источника энергии для космического зонда для дальних космических миссий казахстана.	146
Г.С. Гришко	Комплексная оценка потенциала развития технологий на основе анализа динамики патентования	160
С.А. Омельчук	Баллистическое проектирование миссии по доставке образцов марсианского грунта: расчёты орбитальных параметров и манёвров	168
Е.Д. Килевая, Ж.М. Жумахан	Применение солнечных панелей для разработки спутников	175
А. Бекембаев	Концепция космической экосистемы предотвращения и мониторинга стихийных бедствий	188

УДК 5.52

КАЗАХСТАН В ГЛОБАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ: РОЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ «KAZSAT» В ФОРМИРОВАНИИ ПРАВОВОЙ БАЗЫ И ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ

Г. М. Ишкибаева ¹, Д. Нурмухан ², Г.Т. Султанова ³, А. К.
Мусин ⁴

¹АО «Республиканский центр космической связи»,
040000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Д. Кунаева, 14/3
E-mail: gulmira_marat@mail.ru

² PhD, ассоциированный профессор
Жетысуского университета им. И. Жансугурова,
Республика Казахстан, 040009, г. Талдыкорган, ул. И. Жансугурова 187А
E-mail: daniyafmo@mail.ru

³ PhD, АО «Республиканский центр космической связи»
040000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Д. Кунаева, 14/3
E-mail: sultanova.g@rcsc.kz

⁴ АО «Республиканский центр космической связи»
040000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Д. Кунаева, 14/3
E-mail: asylmusin@mail.ru

Аннотация: Развитие национальной спутниковой системы «KazSat» представляет собой ключевой элемент в обеспечении цифрового суверенитета Республики Казахстан. В условиях усиливающейся глобальной зависимости от информационных и телекоммуникационных технологий наличие собственной космической инфраструктуры является не только технологическим достижением, но и правовой необходимостью. В данной статье анализируются правовые аспекты функционирования космической системы «KazSat», международно-правовая база в области космической деятельности, мировой опыт, а также особенности трансфера технологий и знаний в космической отрасли. Особое внимание уделяется механизмам защиты интеллектуальной собственности, международному сотрудничеству и необходимости совершенствования национального законодательства в условиях цифровизации. Кроме того, особый интерес представляет анализ роли Казахстана на глобальной космической площадке, где «KazSat» выступает не только как технологическая платформа, но и как средство политического позиционирования страны в рамках международных инициатив в области устойчивого и безопасного использования космического пространства. В статье рассматриваются перспективы участия Казахстана в развитии региональных спутниковых систем, а также перспективы формирования общих стандартов и норм в рамках ЕАЭС и ШОС.

Ключевые слова: космос, «KazSat», трансфер знаний, цифровизация, космическая связь.

Благодарность: данное исследование профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН № AP22683782).

Введение

Республика Казахстан активно реализует стратегию цифровой трансформации, ключевым элементом которой является развитие независимой телекоммуникационной инфраструктуры. Космическая спутниковая система «KazSat», являющаяся частью государственной программы в сфере космической деятельности, обеспечивает устойчивую связь, телевидение и интернет-доступ на территории всей страны. В этом контексте КСС «KazSat» является символом не только технологического, но и цифрового суверенитета государства.

В последние годы роль космических технологий в обеспечении цифровой независимости возрастает, особенно в свете международных санкций, геополитических конфликтов и растущих угроз кибербезопасности. Владея собственным спутниковым ресурсом, Республика Казахстан получает возможность не только защитить критически важные каналы связи, но и развивать телекоммуникационные услуги, устойчивые к внешним воздействиям. Это также открывает для Казахстана новые возможности экономического роста, научных исследований, образования и развития цифрового предпринимательства в удаленных регионах страны.

Целью настоящего исследования является анализ правовых аспектов функционирования космической системы «KazSat», международно-правовой базы в области космической деятельности, мирового опыта, а также особенности трансфера технологий и знаний в космической отрасли. В исследовании задействован комплексный подход, предусматривающий изучение правовых актов, международной практики и особенностей технологического развития отрасли.

Результаты исследования. Закон Республики Казахстан от 6 января 2012 года № 528-IV «О космической деятельности» - основной нормативно-правовой акт, регулирующий отношения, возникающие в процессе осуществления космической деятельности на территории Республики Казахстан. Документ определяет правовые, экономические и организационные основы функционирования отрасли, устанавливает права и обязанности участников, а также нормы по международному сотрудничеству,

сертификации, лицензированию и охране результатов космической деятельности [1].

Кроме того, Республика Казахстан является участником ряда ключевых международных соглашений, регулирующих деятельность в космическом пространстве. Эти документы формируют основу международного космического права и определяют обязанности государств в вопросах мирного использования космоса, ответственности за космическую деятельность и сотрудничества между странами. В частности, Казахстан присоединился к следующим соглашениям:

Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (1967) - базовый международный документ, устанавливающий, что космос является достоянием всего человечества, запрещает размещение оружия массового поражения в космосе и закрепляет государственную ответственность за национальную космическую деятельность, включая деятельность частных субъектов [2];

Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами (1972) - регулирует вопросы имущественной ответственности государств за вред, причиненный их космическими объектами на Земле или другим объектам в космосе [3];

Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство (1976) - обязывает государства вносить в международный реестр сведения о каждом запущенном космическом объекте, что необходимо для обеспечения транспарентности и идентификации объектов на орбите [4];

Конвенция о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возврате объектов, запущенных в космическое пространство (1968) - определяет международные обязательства по оказанию помощи космонавтам и возврату космических аппаратов, оказавшихся на территории другого государства [5];

Соглашение с Международным союзом электросвязи (МСЭ / ITU) - касаются распределения радиочастотного спектра и орбитальных позиций, необходимых для работы спутников связи, что критически важно для функционирования систем, подобных «KazSat» [5].

Современная космическая отрасль развивается с беспрецедентной скоростью. Основные документы в рамках ООН приняты во второй половине XX века, когда доступ в космос был прерогативой исключительно государств [6]. Однако сегодня на орбиту активно выходят частные компании, стартапы,

университеты и международные консорциумы. Новые технологические решения - такие как малые спутники, космический интернет и дистанционное зондирование Земли - кардинально меняют характер космической деятельности, делая ее более массовой, коммерческой и трансграничной.

Причинами необходимости обновления законодательства в сфере космической деятельности являются:

1. Появление новых форм и форматов космической деятельности.

Малые спутники (CubeSat, NanoSat) стали значительно дешевле в производстве и запуске, что позволило университетам, стартапам и частным компаниям активно участвовать в космической деятельности. Традиционное законодательство, ориентированное на крупные государственные проекты, не учитывает особенности серийного, массового запуска малых аппаратов и вопросов их контроля. Так, например, американский стартап Planet Labs за последние годы развернул орбитальную группировку из сотен микроспутников, обеспечивающих ежедневную съемку всей поверхности Земли. Закон о коммерческих запусках в космос США (1984) заложил основу для участия таких частных компаний в космической деятельности и определил вопросы лицензирования запусков частных космических аппаратов [7].

Благодаря низкой стоимости запуска и стандартизированным технологиям, малые спутники стали доступными даже для университетских лабораторий. Однако несмотря на их массовое распространение, большинство национальных и международных норм регулирования все ещё ориентированы на крупные, государственные космические аппараты, и не учитывают особенностей серийного производства, запуска, контроля и утилизации малых спутников.

Иностранные системы космического интернета (Starlink, OneWeb, Kuiper и др.) обеспечивают трансграничную передачу данных и предоставление телекоммуникационных услуг напрямую пользователям, минуя национальных операторов. Это создает риски несоблюдения требований национального законодательства в области связи и о разрешениях и уведомлениях.

Например, система спутникового интернета Project Kuiper, разрабатываемая компанией Amazon, планирует развернуть на низкой околоземной орбите более 3 000 спутников с целью предоставления широкополосного доступа к интернету по всему миру [8]. Как и в случае с другими аналогичными системами (Starlink, OneWeb), услуги Kuiper будут

предоставляться напрямую конечным пользователям с использованием фирменного оборудования Amazon. Это означает, что телекоммуникационные услуги могут оказываться в обход национальных операторов, без соблюдения обязательных процедур лицензирования, регистрации и уведомлений. Такой подход создает юридические риски, связанные с нарушением законодательства в области связи, а также может затруднить контроль за трансграничной передачей данных и защитой информации.

2. Угрозы кибербезопасности.

Современные спутники управляются программным обеспечением и передают данные по защищенным каналам. Однако при недостаточной регламентации вопросов кибербезопасности возрастает риск вмешательства злоумышленников, вплоть до перехвата управления спутником или блокировки сигналов связи [9].

Необходимы четкие требования к сертификации оборудования, защите каналов связи, а также обязательная реализация криптографических методов защиты.

В этой связи необходима разработка национальных требований к сертификации оборудования, стандартов шифрования каналов связи, а также внедрение обязательных мер по защите от киберугроз на всех этапах жизненного цикла спутниковой системы.

Международный опыт демонстрирует разные подходы к решению данной проблемы:

США: Агентство кибербезопасности и инфраструктурной безопасности (CISA) совместно с NASA и Министерством обороны внедрило стандарты по защите космических систем, включая контроль за доступом, мониторинг угроз и криптографические протоколы. Кроме того, действует директива Space Policy Directive-5, прямо посвященная кибербезопасности в космосе [10].

ЕС: Европейское космическое агентство (ESA) разрабатывает и применяет концепцию «Security by Design», где защита информации встроена на этапе проектирования спутников. Также действует Регламент ЕС по кибербезопасности № 2019/881, распространяющийся на критическую ИКТ-инфраструктуру, включая космический сектор [11].

Япония: Национальный институт информационных и коммуникационных технологий (NICT) ведет разработки по усилению шифрования и защите телеметрии, а Министерство внутренних дел и связи

включило кибербезопасность спутников в национальную стратегию цифровой трансформации [12].

Для Республики Казахстан актуальной задачей становится принятие технических регламентов в области информационной безопасности спутниковых систем, а также формирование правовой базы, закрепляющей обязанности операторов по защите от киберугроз. Это позволит снизить риски внешнего вмешательства и обеспечить устойчивость систем спутниковой связи к современным угрозам.

3. Персональные данные и цифровой суверенитет.

Услуги связи и доступа к сети интернет через иностранные спутниковые системы оказываются без участия национальных операторов, что снижает контроль государства над потоками персональных данных граждан и корпоративной информации.

В национальном законодательстве должен быть предусмотрен порядок регулирования обработки, передачи и хранения данных, получаемых через иностранные спутниковые системы.

Примеры зарубежной практики:

Франция (и ряд стран ЕС): Согласно Общему регламенту по защите данных (GDPR), трансграничная передача персональных данных через спутниковые каналы возможна только при наличии адекватных гарантий. Это означает, что иностранный оператор обязан обеспечить уровень защиты, соответствующий стандартам ЕС, и не может свободно обрабатывать данные граждан без юридического основания [13].

Россия: Доступ к услугам спутникового интернета (например, Starlink) возможен только при условии прохождения государственной регистрации и сертификации оборудования, а также обеспечении локализации трафика и передачи данных через контролируемую инфраструктуру [14].

4. Правовая ответственность и инциденты в космосе.

С увеличением количества объектов на орбите возрастает вероятность столкновений, аварий и создания космического мусора. Международные документы и национальное законодательство не определяют, кто несет ответственность за нанесенный ущерб -разработчик, оператор, страна регистрации или государство запуска.

В соответствии с положениями Конвенции о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами (1972 г.), формальная ответственность за ущерб несет государство запуска, независимо от того, кто является фактическим оператором или владельцем объекта.

Однако в условиях участия частных компаний, международных консорциумов и субподрядчиков, возникает правовая неопределенность: кто именно - разработчик, эксплуатант, страна регистрации или государство запуска - несет фактическую и финансовую ответственность.

Таким образом, обновление законодательства в сфере космической деятельности необходимо для адаптации к новым технологическим реалиям, обеспечения кибербезопасности, защиты национальных интересов и эффективного участия Республики Казахстан в глобальной космической сфере.

Правовое регулирование трансфера должно учитывать особенности лицензионных соглашений, вопросы охраны коммерческой тайны, условий локализации технологий и требований к экспортному контролю. Примером эффективного подхода может служить внедрение договоров, содержащих обязательства по подготовке казахстанских специалистов и предоставлению доступа к документации и коду программного обеспечения.

Например, в Южной Корее в рамках программ технологического сотрудничества в оборонной и аэрокосмической сферах действует система Korean Offset Program, где обязательным условием для иностранных компаний является передача технологий, лицензий и обучение местных специалистов, что закрепляется в договорных обязательствах и контролируется Министерством обороны и науки [15].

Общеизвестно, что развитие спутниковой инфраструктуры в Казахстане в значительной мере базировалось на трансфере технологий от международных компаний Российской Федерации [16].

Такие проекты предполагают передачу не только оборудования, но и соответствующих знаний, методов и организационно-управленческих решений. Трансфер знаний представляет собой процесс, включающий подготовку кадров, адаптацию технической документации, обучение эксплуатации и ремонту, юридическое сопровождение контрактов.

Развитие космической инфраструктуры в Казахстане, в частности спутниковой связи, в значительной степени опирается на международное сотрудничество и трансфер технологий. Однако в существующем правовом поле отсутствует комплексный механизм регулирования трансфера, учитывающий такие важные аспекты, как:

- специфика лицензионных соглашений (включая доступ к ПО и документации);

- охрана коммерческой тайны и конфиденциальной информации;

экспортный контроль и ограничения со стороны стран-партнеров.

На практике это приводит к юридической неопределенности, рискам ограничения доступа к критически важным компонентам и знаниям, а также снижению эффективности подготовки национальных специалистов. Несмотря на наличие успешных примеров контрактов с элементами обучающих и информационных обязательств, такие подходы не закреплены на уровне законодательства и не носят обязательного характера. В результате трансфер знаний и технологий остается слабо институционализированным, что тормозит развитие собственной научно-инженерной базы и зависимость от внешних поставщиков сохраняется.

Современная космическая отрасль представляет собой высокотехнологичную сферу, где интеллектуальная собственность (ИС) играет критическую роль. Разработка и эксплуатация спутников, создание программного обеспечения управления полетом, алгоритмов шифрования, телеметрии, а также систем обработки данных - все это сопровождается появлением результатов интеллектуальной деятельности (РИД), которые требуют четкой правовой защиты. В условиях международного сотрудничества (в том числе в рамках проектов «KazSat», в партнерстве с Российской Федерацией) актуализируется проблема распределения прав собственности на РИД между отечественными и иностранными участниками. Спорные ситуации чаще всего возникают при совместных НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах), при использовании лицензионного программного обеспечения сторонних разработчиков, в трансфере технологий с участием зарубежных поставщиков оборудования и решений.

Национальная правовая база включает в себя Законы Республики Казахстан от 10 июня 1996 года «Об авторском праве и смежных правах» и от 16 июля 1999 года «О патентах», однако в контексте космической деятельности этих норм недостаточно. Космос - это трансграничная сфера, где правовой вакуум в отношении прав на ИС может привести к утечке технологий, недополученной выгоде от коммерциализации РИД и затруднениям в международной защите прав.

В связи с этим, представляется целесообразным разработать и внедрить отраслевые нормы регулирования интеллектуальной собственности в космической деятельности. В частности, требуется:

1) включение обязательств о совместной собственности в контракты. Все договоры о научно-техническом сотрудничестве должны содержать

положения о правовом статусе создаваемых РИД, долевом владении, а также условиях использования и передачи этих результатов третьим лицам;

2) внедрение стандартов учета и лицензирования РИД. На уровне Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан целесообразно утвердить порядок государственной регистрации РИД, созданных в рамках космических проектов, с возможностью последующего лицензирования, в том числе на условиях открытого доступа или закрытых лицензий;

3) международно-правовая защита при трансграничной передаче технологий. Необходимо использовать механизмы Всемирной торговой организации (ВТО), в частности, положения Соглашения по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (TRIPS), а также нормы Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и двусторонних соглашений о защите ИС для защиты национальных интересов при передаче технологий и совместных разработках.

Создание четкой, транспарентной и адаптивной системы регулирования ИС в космической сфере не только усилит правовую защищенность казахстанских разработчиков, но и повысит инвестиционную привлекательность отрасли, стимулируя участие в ней частного сектора и международных партнеров. Кроме того, эффективное управление правами на РИД позволит государству получать дополнительный доход от лицензирования и коммерциализации инноваций, что особенно важно в условиях формирования национальной цифровой экономики.

Космическая система связи «KazSat» как элемент критической инфраструктуры требует надежной правовой защиты от киберугроз, вмешательства в сигналы и несанкционированного доступа.

Международная практика показывает рост числа атак на спутниковую связь, включая перехват сигналов, блокировку, шифрование каналов [17].

В Республике Казахстане пока отсутствует комплексный правовой акт, регулирующий кибербезопасность спутниковых объектов. В этой связи, предлагается:

1) разработка технических регламентов по информационной безопасности космических систем;

2) внедрение стандартов шифрования и протоколов безопасности;

3) формирование системы юридической ответственности за киберпреступления, затрагивающие спутники связи.

В целях совершенствования правового регулирования предлагается реализация следующих инициатив:

1) разработка и принятие подзаконного акта к Закону Республики Казахстан «О космической деятельности», регулирующего трансфер знаний, включая критерии, механизмы, права и обязанности участников;

2) включение отдельной категории «космический продукт» в перечень результатов научной и (или) научно-технической деятельности и определение его как материального или нематериального результата, созданного в ходе НИОКР в сфере космической деятельности, включая программное обеспечение, алгоритмы, конструкции спутников и их компонентов, технологии управления полетами и обработки данных, а также предоставление правовой охраны в рамках интеллектуальной собственности (авторское право, патенты, ноу-хау) на примере опыта США и ЕС;

3) создание национального регистра объектов интеллектуальной собственности в сфере космоса;

4) установление обязательных условий по привлечению казахстанских специалистов, передаче технологий и использованию отечественных компонентов при заключении соглашений на производство и запуск спутников с зарубежными контрагентами.

В условиях глобального роста интереса к совместному использованию космической инфраструктуры Республика Казахстан обладает потенциалом стать ключевым игроком в развитии региональных спутниковых систем связи и наблюдения, охватывающих Центральную Азию и сопредельные регионы. Учитывая географическое положение и наличие национальной орбитальной группировки «KazSat», республика может выступать как технологический хаб и транзитная платформа для трансграничных спутниковых услуг.

В рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) возможна разработка совместных программ по обмену данными дистанционного зондирования, навигационному сопровождению и цифровой трансформации, с выработкой общих стандартов безопасности, лицензирования и использования радиочастотного спектра.

В рамках Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) у Республики Казахстан также есть возможность развивать координацию в области спутниковой навигации, мониторинга окружающей среды, и совместного реагирования на чрезвычайные ситуации, включая создание региональных платформ обмена геопространственными данными.

Такой подход позволит не только усилить позицию Республики Казахстан как субъекта международного космического права, но и расширить экономические и технологические горизонты через участие в многосторонних проектах.

Вывод

Развитие спутниковой системы «KazSat» укрепляет цифровой суверенитет Республики Казахстан и требует современного правового сопровождения.

В условиях глобальных вызовов - таких как киберугрозы, трансграничное движение данных и активизация частного сектора в космосе - возникает необходимость актуализации национального законодательства.

Ключевыми приоритетами могут выступить:

внедрение механизмов регулирования трансфера технологий;

защита интеллектуальной собственности в космической сфере;

обеспечение кибербезопасности спутниковых систем;

правовая адаптация к новым форматам космической деятельности (малые спутники, космический интернет и др.).

Таким образом, формирование прогрессивной правовой базы станет основой для устойчивого развития космической отрасли Казахстана, обеспечит ее конкурентоспособность на международной арене и повысит национальную безопасность в условиях стремительно меняющейся технологической среды.

Список литературы

1. Закон Республики Казахстан от 6 января 2012 г. № 528-IV «О космической деятельности» // Информационно-правовая система «Әділет». URL: <https://share.kz/gfmm> (дата обращения: 02.02.2025)

2. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (Вашингтон, Лондон, Москва, 27 января 1967 г.) // Управление по вопросам космического пространства ООН (UNOOSA). URL: <https://share.kz/gred> (дата обращения: 05.03.2025)

3. Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами (Лондон, Москва, Вашингтон, 29

марта 1972 г.) // Организация Объединённых Наций. URL: <https://share.kz/gkSA> (дата обращения: 05.03.2025)

4. Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство (Нью-Йорк, 12 ноября 1974 г.) // Управление по вопросам космического пространства ООН (UNOOSA). URL: <https://share.kz/g5Hy> (дата обращения: 05.03.2025).

5. Конвенция о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возврате объектов, запущенных в космическое пространство (Лондон, Москва, Вашингтон, 22 апреля 1968 г.) // Организация Объединённых Наций. URL: <https://share.kz/g8FY> (дата обращения: 05.03.2025).

6. Международный союз электросвязи. Регламент радиосвязи: распределение радиочастотного спектра и использование орбитальных позиций // ITU. URL: <https://share.kz/gbEo> (дата обращения: 05.03.2025).

7. Генеральная Ассамблея ООН. Официальные отчёты. Семьдесят третья сессия. Дополнение № 20. Доклад Комитета по использованию космического пространства в мирных целях. Шестьдесят первая сессия (20–29 июня 2018 года). - Нью-Йорк: Организация Объединённых Наций, 2018. - URL: <https://share.kz/geCN> (дата обращения: 01.03.2025).

8. Commercial Space Launch Act, Public Law 98-575 (с поправками Public Law 105-303, 1998).

9. Jones A. Amazon gets a green light to launch 3,000-satellite Kuiper constellation // Space.com. News. 23 February 2023. URL: <https://share.kz/gijL> (дата обращения: 13.03.2025).

10. Кибербезопасность спутниковых систем: вызовы и решения в эпоху космического трафика // SecurityMedia. URL: <https://share.kz/gmib> (дата обращения: 01.12.2024).

11. Orbital Debris // Office of Space Commerce. URL: <https://share.kz/gpgA> (дата обращения: 01.04.2025).

12. Совет Европейского Союза. Европейская стратегия безопасности: Безопасная Европа в лучшем мире. — Люксембург: Бюро официальных публикаций Европейских Сообществ, 2009. — 43 с. URL: <https://www.consilium.europa.eu/infopublic> (дата обращения: 01.04.2025).

13. Япония утвердила стратегию кибербезопасности на 2021–2024 годы // ТАСС. 28 сентября 2021. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12512315> (дата обращения: 01.04.2025).

14. Статья 44 GDPR. Общий принцип передачи // GDPR-Text.com. URL: <https://share.kz/gsf0> (дата обращения: 31.03.2024).

15. Российская Федерация. Федеральный закон от 1 мая 2019 г. № 90-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О связи» и Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://share.kz/gvdq> (дата обращения: 25.03.2025).

16. Попова А.Ю. Роль офсетных соглашений в продвижении продукции на мировом рынке вооружений // Экономика и предпринимательство. — 2016. — № 11–2 (76). — С. 620–623. URL: <https://share.kz/gm0b> (дата обращения: 31.03.2025).

17. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о сотрудничестве в области создания и запуска казахстанского спутника связи и вещания «KazSat-2» (Байконур, 16 июля 2011 г.) // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1100001290> (дата обращения: 01.03.2025).

18. Шарафутдинов М.А., Кондратьев А.В. Методы и способы обеспечения безопасности информации, передаваемой по спутниковой сети (технологии VSAT) // Вестник Вятского государственного университета. — 2019. — № 3. — С. 118–123. URL: <https://share.kz/g6Jm>

**ҚАЗАҚСТАН ЖАҒАНДЫҚ ҒАРЫШТЫҚ АРХИТЕКТУРАДА: "KAZSAT" ҒАРЫШТЫҚ
БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰҚЫҚТЫҚ БАЗАНЫ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТРАНСФЕРІН
ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ РӨЛІ**

Ишкибаева Г. М., Нұрмұханқызы Д., Султанова Г. Т., Мусин А. К.

Аннотация: "KazSat" ұлттық спутниктік жүйесін дамыту Қазақстан Республикасының цифрлық егемендігін қамтамасыз етудегі негізгі элементті білдіреді. Ақпараттық және телекоммуникациялық технологияларға жаһандық тәуелділіктің артуы жағдайында өзінің ғарыштық инфрақұрылымының болуы технологиялық жетістік қана емес, сонымен қатар құқықтық қажеттілік болып табылады. Бұл мақалада "KazSat" ғарыш жүйесінің жұмыс істеуінің құқықтық аспектілері, ғарыш қызметі саласындағы халықаралық-құқықтық база, әлемдік тәжірибе, сондай-ақ ғарыш саласындағы технологиялар мен білім трансферінің ерекшеліктері талданады. Зияткерлік меншікті қорғау тетіктеріне, халықаралық ынтымақтастыққа және цифрландыру жағдайында ұлттық заңнаманы жетілдіру қажеттілігіне ерекше назар аударылады. Бұдан басқа, Қазақстанның жаһандық ғарыш алаңындағы рөлін талдау ерекше қызығушылық тудырады, мұнда "KazSat" технологиялық платформа ретінде ғана емес, сонымен қатар ғарыш кеңістігін орнықты және қауіпсіз пайдалану саласындағы халықаралық бастамалар шеңберінде елді саяси позициялау құралы ретінде де әрекет етеді. Мақалада Қазақстанның өңірлік спутниктік жүйелерді дамытуға қатысу перспективалары, сондай-ақ ЕАЭО және ШЫҰ шеңберінде жалпы стандарттар мен нормаларды қалыптастыру перспективалары қарастырылады.

Түйінді сөздер: ғарыш, "KazSat", білім трансфері, цифрландыру, ғарыштық байланыс.

**KAZAKHSTAN IN THE GLOBAL SPACE ARCHITECTURE: THE ROLE OF THE KAZSAT SPACE
COMMUNICATION SYSTEM IN SHAPING THE LEGAL FRAMEWORK AND TECHNOLOGY
TRANSFER**

G. M. Iskibayeva, D. Nurmukhankyzy, G. T. Sultanova, A. K. Musin

Abstract: The development of the national satellite system "KazSat" is a key element in ensuring the digital sovereignty of the Republic of Kazakhstan. In the context of increasing global dependence on information and telecommunication technologies, having our own space infrastructure is not only a technological achievement, but also a legal necessity. This article analyzes the legal aspects of the functioning of the KazSat space system, the international legal framework in the field of space activities, world experience, as well as the specifics of technology and knowledge transfer in the space industry. Special attention is paid to intellectual property protection mechanisms, international cooperation and the need to improve national legislation in the context of digitalization. In addition, the analysis of Kazakhstan's role on the global space platform is of particular interest, where KazSat acts not only as a technological platform, but also as a means of political positioning of the country within the framework of international initiatives in the field of sustainable and safe use of outer space. The article discusses the prospects for Kazakhstan's participation in the development of regional satellite systems, as well as the prospects for the formation of common standards and norms within the EAEU and SCO.

Keywords: space, KazSat, knowledge transfer, digitalization, space communications.

УДК 528.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЛАДЕЛЬЦА ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ПРАВ НА УСЛУГИ РЕМОНТА И МОДЕРНИЗАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО, СЛОЖНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.А. Куцев 

АО «Республиканский центр космической связи»,
020000, Республика Казахстан, г. Акколь, ул. Жибек Жолы, 16
E-mail: maxim_kutsev@mail.ru

Аннотация: Автором исследован вопрос определения критериев владельца интеллектуальных прав на услуги ремонта и модернизации (доработки) специализированного, а так же сложного электронного оборудования и систем контроля и управления космическими системами.

В процессе эксплуатации технологического оборудования на предприятиях (промышленные/производственные объекты, осуществляющие контроль и управление космическими системами) имеет место его физический износ, что естественным образом определяет необходимость в ремонтных и планово-профилактических мероприятиях, модернизации приборов, механизмов или систем. Государственным органам, государственным учреждениям и предприятиям, юридическим и аффилированным с ними лицам, которые попадают под действие Закона Республики Казахстан «О государственных закупках» разрешается осуществлять закупки услуг ремонта и модернизации из одного источника у поставщика, обладающего исключительными правами на интеллектуальную собственность. Такое приобретение допускается при наличии заключения антимонопольного органа об отсутствии субъектов частного предпринимательства, осуществляющих производство аналогичных товаров и услуг. В этой связи важно правильное понимание критериев владельца исключительных прав на интеллектуальную собственность услуги ремонта и модернизации (доработки) специализированного, сложного электронного оборудования и систем.

Проведя анализ отечественного и международного законодательства автор делает вывод, что наличие интеллектуальных прав на специализированное оборудование или системообразующие элементы, не требует специального документального подтверждения. Для подтверждения критериев наличия исключительных прав на интеллектуальную собственность достаточно сопровождающей документации, в которой указан производитель оборудования или декларативное заявление производителя о наличии исключительных прав на интеллектуальную собственность.

Ключевые слова: космические системы, космические аппараты, специализированное оборудование, интеллектуальное право, исключительное право, авторское право, смежное право, ремонт техники.

Введение

В процессе эксплуатации технологического оборудования на предприятиях (промышленные/производственные объекты эксплуатирующие космические системы связи и вещания) имеет место его физический износ, что естественным образом определяет необходимость в ремонтных и планово-профилактических мероприятиях, модернизации приборов, механизмов или систем.

Для распространенных, массово выпускаемых приборов и механизмов, бытовой техники и электроники (телевизоры, холодильники, компьютеры, ноутбуки и т.д.), механики (автомобилей и пр.) сложностей и проблем с сервисным обслуживанием такого оборудования не возникает (владельцы обращаются в сервисные центры или к авторизованным дилерам). Существенные проблемы возникают при необходимости ремонта и/или модернизации специализированного (кастомизированного) оборудования или специализированных систем.

В частных предприятиях решение вопросов по ремонту/замене вышедшего из строя специализированного оборудования или систем осуществляется прямым заключением договоров с производителем такого оборудования (или его представителем в качестве специализированного сервисного центра). Государственные органы, государственные учреждения и предприятия, юридические лица, пятьдесят и более процентов голосующих акций (долей участия в уставном капитале) которых принадлежат государству, и аффилированные с ними юридические лица, подпадающие под действие Закона Республики Казахстан «О государственных закупках» (ЗРК ГЗ) [1] при решении вопросов по ремонту/замене вышедшего из строя специализированного оборудования обязаны строго соблюдать требования Республики Казахстан в области государственных закупок.

ЗРК ГЗ ограничивает возможность прямого заключения договора с определенным поставщиком услуги по ремонту специализированного оборудования, в частности пп.2 п.3 ст. 16 ЗРК ГЗ разрешается осуществлять закупки из одного источника исключительно у поставщика, обладающего исключительными правами на интеллектуальную собственность. Такое приобретение допускается при наличии заключения антимонопольного органа об отсутствии субъектов частного предпринимательства, осуществляющих производство аналогичных товаров и услуг. В этой связи важно правильное понимание владельца исключительных прав на интеллектуальную собственность.

1. Что можно считать юридически признанным (правовым) подтверждением наличия у поставщика прав на интеллектуальную собственность?

Для начала необходимо определиться с пониманием что такое специализированное оборудование. Под специализированным оборудованием следует понимать единичное устройство (прибор), зачастую выполненное в единичном экземпляре или малой партией, не для бытовых целей, которое выполняет определенную (специализированную) строго заданную функцию и может функционировать самостоятельно (автономно). В качестве примера специализированного оборудования можно привести преобразователь радиочастоты (frequency converter) не стандартных диапазонов, основной и единственной функцией которого является преобразование одного диапазона радиочастоты в другой.

Любое электронное (радиоэлектронное) оборудование состоит из множества электронных компонентов (микропроцессоры, микросхемы, транзисторы, и пр.), объединенных в электронную схему на печатной плате, которая в свою очередь может быть многослойной и содержать до 32 слоев [2] токопроводящих проводников. Для правильного функционирования оборудования проектируется электронная принципиальная схема, производится расчет электрических параметров электронных компонентов, проектируется топология токопроводящих слоев печатной платы, рассчитываются тепловые режимы работы, электромагнитная совместимость электронных компонентов и пр., разрабатываются микропрограммы для управления компонентами. Разрабатываются методики определения неисправности и ремонта оборудования, специальные файлы с трассировкой контактов печатной платы, расположенные на ней компоненты, контрольные точки, сигналы с обозначениями (Boardview). Все это составляет технологический цикл разработки и производства, и отражается в конструкторской документации на оборудование. Отдельно стоит отметить, что в подавляющем большинстве современной радиоэлектроники используются программируемые электронные компоненты (микропроцессоры, микроконтроллеры, ПЛИС, DSP и пр.) без корректной работы которых не будет функционировать по целевому назначению правильно сконструированное и изготовленное на физическом уровне оборудование. Этот аспект важно учитывать при ремонте/замене неисправных электронных компонентов в составе оборудования, так как даже

при правильном определении и замене неисправного электронного компонента в составе оборудования, для восстановления его работоспособности необходимо осуществить «прошивку» микропрограммой замененных компонентов или оборудование в целом.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что без доступа к конструкторской документации и микропрограммам для программируемых электронных компонентов осуществить ремонт специализированного радиоэлектронного оборудования невозможно. В качестве иллюстративного примера можно привести ситуацию по ремонту первых поколений продукции Apple – до момента предоставления в открытый доступ методик ремонта, принципиальных схем и микропрограмм, продукцию Apple возможно было отремонтировать исключительно в сервисных центрах, имеющих документацию производителя и доступ к программному обеспечению.

Таким образом, услугу ремонта специализированного оборудования одного производителя можно рассматривать как объект права интеллектуальной собственности, относящийся к *результату интеллектуальной творческой деятельности*, а именно пп.6 п. 2 ст. 961 Гражданского кодекса Республики Казахстан (Особенная часть) (ГК РК) [3] - *нераскрытая информация, в том числе секреты производства (ноу-хау)*.

Согласно ст. 962 ГК РК [3] права на объекты интеллектуальной собственности возникают в силу факта их создания и не требуют обязательной правовой охраны, что, в свою очередь, означает наличие исключительных имущественных прав у производителя оборудования (специализированного оборудования) (п.1 ст. 964 ГК РК) [3] или их наличие у иного лица при передаче исключительных прав (п. 2 ст. 964 ГК РК) [3] даже при отсутствии каких-либо документов, подтверждающих это.

Обобщая, можно заключить: исключительными правами на интеллектуальную собственность для оказания услуг ремонта или доработки специализированного оборудования обладает производитель (разработчик) такого специализированного оборудования или иное лицо, к которому это право было передано производителем.

Следует понимать, что оборудование может быть частично или полным циклом изготовлено на мощностях третьих лиц в рамках контрактного производства, так называемого OEM (Original Equipment Manufacturer) [4], но фактическим владельцем исключительных интеллектуальных прав так же будет считаться разработчик и держатель конструкторской документации при условии, что он так же является и заказчиком производства, если иное не

оговорено в договоре на контрактное производство. В качестве примера можно привести контрактную сборку оборудования Apple на мощностях китайского производителя Foxconn (Hon Hai Precision Industry Co., Ltd.).

2. Что можно считать юридически признанным (правовым) подтверждением, что оборудование является продукцией конкретного производителя (разработчика) для возможности заключения договора с ним способом закупки из одного источника на услугу ремонта или доработки специализированного оборудования?

На территории стран ЕАЭС, куда входит Республика Казахстан [5], действует ГОСТ 2.601-2013 [6], введенный в действие 01.12.2015 [7], согласно которому изделие производителя должно сопровождаться эксплуатационной документацией, содержащей в том числе следующие сведения (п. 4.13) [6]:

- наименование страны-изготовителя и предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- гарантии изготовителя (поставщика) (в установленном законодательством порядке);
- юридический адрес изготовителя (поставщика) и/или продавца;

В качестве документов, содержащих эти сведения, в ГОСТ 2.601-2013 указаны следующие документы: Формуляр, Паспорт (табл. 1 п. 5.1.2 [6]).

Таким образом подтверждением того, что производителем оборудования является то или иное лицо является запись в Формуляре или Паспорте, изготовленном производителем изделия. Так же пунктом 4.12 [6] допускается выполнение эксплуатационной документации в виде Интернет-ориентированных предназначенные для размещения в глобальной сети Интернет документов, что, в свою очередь, допускает выпуск, приобретение и эксплуатацию оборудования без документации, выполненной на бумажном или ином носителе.

Похожие требования можно применять и к оборудованию, произведенному в странах Европейского экономического союза и Соединенных штатов Америки. Комиссией Европейского экономического союза дано четкое определение кто является производителем: - Производитель - физическое или юридическое лицо который производит продукт (или имеет дизайн или производство продукта), а затем размещает его на рынке под своим собственным именем или торговой маркой [8].

Так, например, Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2006/42/ЕС от 17 мая 2006 [9] г определяет что производителем считается любое физическое или юридическое лицо, конструирующее и/или производящее машины и механизмы или частично завершённые машины и механизмы, охватываемые настоящей Директивой, и ответственное за соответствие машин и механизмов или частично завершённых машин и механизмов настоящей Директиве, с целью их размещения на рынке под своим именем или торговой маркой либо для собственного использования. В отсутствие производителя, как он определен выше, любое физическое или юридическое лицо, размещающее на рынке или вводящее в эксплуатацию машины и механизмы либо частично завершённую машины и механизмы, охватываемые настоящей Директивой, считается производителем.

Отсюда следует, что несмотря на место изготовления оборудования, производителем оборудования считается лицо, под чьей торговой маркой оборудование было выпущено на рынок или введено в эксплуатацию. Помимо этого, к оборудованию не предъявляются требования по форме сопроводительной документации, регламентируются только требования по минимальному содержанию информации, этикетке (бирке) на оборудовании, а также обязательно наличие декларации соответствия EU. [10]

Исходя из этого, производителем оборудования можно считать лицо, указанное в сопроводительной документации на оборудование, изготовленное самим производителем, указанное на этикетке (бирке) оборудования или декларации соответствия EU.

В США документ, который может подтверждает происхождение оборудования от конкретного производителя, называется "Сертификат соответствия" (Certificate of Conformance). Этот документ обычно предоставляется производителем или поставщиком вместе с продукцией и подтверждает, что оборудование соответствует установленным стандартам, спецификациям и качественным требованиям. Сертификат соответствия в том числе включает следующие данные - Идентификация производителя, удостоверяющего соответствие продукта, включая имя производителя, полный почтовый адрес и номер телефона (раздел (С) параграф 1110.11) причем параграф 1110.13 предусматривает наличие электронного сертификата, т.е. отсутствие бумажного или иного носителя [11].

Таким образом, для подтверждения прав на интеллектуальную собственность производителя оборудования, в независимости от страны

происхождения, не требуется оформления охранных документов, достаточно ссылки на сопроводительную документацию, в которой указано наименование производителя.

3. Что можно считать юридически признанным (правовым) подтверждением наличия у поставщика исключительных прав на интеллектуальную собственность на услугу ремонта или доработки специализированной системы для возможности заключения договора с ним способом закупки из одного источника?

Под понятием «система», следует понимать совокупность связанного между собой оборудования (приборов), которые при работе в системе выполняют одну целевую задачу (эмерджентность). При этом оборудование, входящее в систему, но взятое в отдельности, может выполнять какую-либо иную целевую задачу самостоятельно, но результат самостоятельной работы не будет соответствовать требованию (не обладает эмерджентностью), предъявляемому к результатам работы системы в целом.

Системы с проприетарным, системообразующим элементом, характеризуются невозможностью произвольной замены любого оборудования, входящего в систему на аналогичное по функционалу и характеристикам оборудование другого производителя без потери функциональности системы в целом. Оборудование разных производителей, являющееся функционально идентичным, не сможет работать в составе той или иной системы, так как системообразующий элемент разработан для работы по протоколам конкретного, используемого оборудования. Для этого требуется замена или изменение системообразующего элемента. В свою очередь, система не может функционировать при отсутствии системообразующего элемента, который может быть представлен в виде специального, проприетарного программного обеспечения, специально изготовленного электронного устройства и др. Зачастую возникают сложности при смене поколений (моделей оборудования) у одного производителя. Новое оборудование не всегда поддерживает протокола управления, идентичные пред идущему поколению аналогичной по функционалу модели одного производителя. Складывается ситуация, когда в работающей системе невозможно применить аналогичное по функционалу оборудование другого производителя или другого поколения того же самого производителя без изменения системообразующего элемента системы. Это в

свою очередь вынуждает обратиться к разработчику системообразующего элемента системы.

Таким образом подтверждение исключительного права на интеллектуальную собственность системообразующего элемента так же может считаться сопроводительная документация на систему с указанием производителя системообразующего элемента.

4. Что делать если в сопроводительной документации не указан производитель системообразующего элемента?

Законом Республики Казахстан от 10 июня 1996 года № 6 «Об авторском праве и смежных правах» [12] п.1 ст. 7 определено, что объектами авторского права являются: пп. 1 литературные произведения, пп.12 программы для ЭВМ. В соответствии со статьей 4 Закона Республики Казахстан от 16 апреля 2004 года N 547 «О присоединении Республики Казахстан к Договору Всемирной организации интеллектуальной собственности по авторскому праву» [13] - компьютерные программы охраняются как литературные произведения в смысле [Статьи 2](#) Бернской конвенции [14]. Такая охрана распространяется на компьютерные программы независимо от способа или формы их выражения.

Как показывает практика, производители системообразующих элементов систем не оформляют охранные документы на микропрограммное и программное обеспечение, так как авторское право возникает в силу его создания, так называемая презумпция авторства. В Казахстане презумпция авторства предусмотрена п.1 ст. 9 Закон Республики Казахстан от 10 июня 1996 года № 6 «Об авторском праве и смежных правах» [12], что в свою очередь дает право авторства без оформления охранных документов. В сопредельных странах действуют аналогичные или похожие нормативные акты. В случае с европейскими странами действует «Бернская конвенция об охране литературных и художественных произведений» [14]. Согласно конвенции, п.2 ст. 5 в отношении авторских прав действует презумпция авторства, согласно которой авторство признаётся юридически достоверным до тех пор, пока не будет доказано обратное. Пользование правами, предоставляемыми Конвенцией и их осуществление не связаны с выполнением каких бы то, ни было формальностей; такое пользование и осуществление не зависят от существования охраны в стране происхождения произведения.).

Справочно: Республика Казахстан присоединилась к Бернской конвенции в 1998 г. Закон Республики Казахстан от 10 ноября 1998 г., N 297 «О присоединении Республики Казахстан к Бернской конвенции об охране литературных и художественных произведений». [15].

Исходя из этого, в том случае, когда системообразующий элемент является компьютерной программой, в качестве подтверждения авторских прав на программное обеспечение достаточно декларативного заявления производителя о праве авторства и о наличии у него исключительных прав на программное обеспечение. В некоторых случаях право авторства может быть подтверждено прямым указанием автора в пользовательском интерфейсе программного обеспечения п. 2 ст. 9 [12]. Если иное лицо заявляет о наличии у него исключительных прав на программное обеспечение, то это лицо должно подтвердить факт передачи этих прав от автора или иного лица.

Вышеизложенное формирует следующий ключевой вывод – наличие исключительных прав на интеллектуальную собственность системообразующего элемента, в том числе услуги ремонта и доработки (модернизации) не требует специального документального подтверждения. Для возможности заключения договора способом закупки из одного источника на услугу ремонта или доработки системы достаточно сопровождающей документации, в которой указан производитель оборудования или декларативного заявления производителя о наличии исключительных прав на интеллектуальную собственность.

Заключение

Проведя анализ отечественного и международного законодательства можно сделать вывод, что исключительными правами на интеллектуальную собственность для оказания услуг ремонта или доработки специализированного оборудования или системы обладает производитель (разработчик) такого специализированного оборудования или иное лицо, к которому это право было передано производителем.

Следующим выводом является тот факт, что для подтверждения исключительных прав на интеллектуальную собственность производителя оборудования, в независимости от страны происхождения, не требуется

оформления специальных охранных документов. Для этого достаточно ссылки на сопроводительную документацию, в которой указано наименование производителя.

Наличие исключительных прав на интеллектуальную собственность на специализированное оборудование или системообразующие элементы, не требует документального подтверждения. Для возможности заключения договора способом закупки из одного источника на услугу ремонта или доработки специализированного оборудования, или системы достаточно сопровождающей документации, в которой указан производитель оборудования или декларативного заявления производителя о наличии исключительных прав на интеллектуальную собственность.

Список литературы

1. «О государственных закупках» Закон Республики Казахстан от 4 декабря 2015 года № 434-V ЗРК. // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2400000106> (дата обращения: 02.04.25);
2. ЧП «БелПлатаТехно» Многослойные печатные платы // [Электронный ресурс] URL: <https://belplata.by/pp/mnogosloi-ny-e-pp> (дата обращения: 02.04.25);
3. «Гражданский кодекс Республики Казахстан» Кодекс Республики Казахстан от 27 декабря 1994 года № 268-ХІІІ. // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K940001000> (дата обращения: 02.04.25);
4. CFI, Original Equipment Manufacturer (OEM) // [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/ggiG> (дата обращения: 02.04.25);
5. «О ратификации Договора о Евразийском экономическом союзе» Закон Республики Казахстан от 14 октября 2014 года № 240-V ЗРК. // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000240> (дата обращения: 02.04.25);
6. ГОСТ 2.601-2013 «ЕСКД. Эксплуатационные документы» (поправка) // [Электронный ресурс] URL:

https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34418289

(дата обращения: 02.04.25);

7. Перечень Межгосударственных стандартов, за которые проголосовал Казахстан, принятые на заседаниях Межгосударственного совета по стандартизации и вводимые в действие на территории Республики Казахстан // [Электронный ресурс]

URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31659820&pos=6;-108#pos=6;-108

(дата обращения: 02.04.25);

8. Product compliance // Официальный сайт Европейского Союза // [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/gnfw> (дата обращения: 02.04.25);

9. Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2006/42/ЕС от 17 мая 2006 г. о машинах и механизмах // Сайт Европейского органа по сертификации продукции - нотифицированный орган по оценке соответствия №2549, [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/gqdW> (дата обращения: 02.04.25);

10. Technical documentation and EU declaration of conformity // Официальный сайт Европейского Союза, [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/gtcm> (дата обращения: 02.04.25);

11. Кодекс федеральных правил CFR Part 1110 // [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/gmkE> (дата обращения: 02.04.25);

12. «Об авторском праве и смежных правах», Закон Республики Казахстан от 10 июня 1996 года № 6-І. // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://share.kz/g4Hh> (дата обращения: 02.04.25);

13. «О присоединении Республики Казахстан к Договору Всемирной организации интеллектуальной собственности по авторскому праву» Закон Республики Казахстан от 16 апреля 2004 года N 547 // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z040000547> (дата обращения: 02.04.25);

14. Бернская конвенция по охране литературных и художественных произведений (измененная 28 сентября 1979 г.) (Официальный перевод), [Электронный ресурс] URL: <https://www.wipo.int/wipolex/ru/text/283702> (дата обращения: 02.04.25);

15. «О присоединении Республики Казахстан к Бернской конвенции об охране литературных и художественных произведений» Закон Республики Казахстан от 10 ноября 1998 г., N 297 // Информационно-правовая система нормативных актов Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z980000297> (дата обращения: 02.04.25).

DETERMINING THE CRITERIA FOR THE HOLDER OF EXCLUSIVE RIGHTS TO THE SERVICES OF REPAIR AND MODERNIZATION OF SPECIALIZED, COMPLEX ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS FOR SPACE SYSTEMS

M.A. Kutsev

Abstract The author examines the issue of determining the criteria for the holder of intellectual property rights to the services of repair and modernization (refinement) of specialized, as well as complex electronic equipment and control systems for space systems.

During the operation of technological equipment at enterprises (industrial/production facilities engaged in the control and management of space systems), wear and tear naturally occurs, necessitating repairs, scheduled maintenance, and the modernization of devices, mechanisms, or systems. Government agencies, state institutions and enterprises, legal entities, and affiliated persons subject to the Law of the Republic of Kazakhstan "On Public Procurement" are permitted to procure repair and modernization services from a single-source supplier who holds exclusive intellectual property rights. Such procurement is allowed only if an antimonopoly authority concludes that no private business entities produce similar goods or services. In this regard, a clear understanding of the criteria for the holder of exclusive intellectual property rights to repair and modernization (refinement) services for specialized, complex electronic equipment and systems is crucial.

Based on an analysis of domestic and international legislation, the author concludes that possessing intellectual property rights to specialized equipment or system-forming elements does not require special documentary confirmation. To confirm the presence of exclusive intellectual property rights, accompanying documentation indicating the equipment manufacturer or a declarative statement from the manufacturer regarding exclusive intellectual property rights is sufficient.

Keywords: space systems, spacecraft, specialized equipment, intellectual property, exclusive rights, copyright, related rights, equipment repair.

АРНАЙЫ, КҮРДЕЛІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖАБДЫҚТАР МЕН ҒАРЫШТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ БАСҚАРУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖӨНДЕУ МЕН ЖАҢҒЫРТУ ҚЫЗМЕТТЕРІНЕ АЙРЫҚША ҚҰҚЫҚ ИЕСІНІҢ КРИТЕРИЙЛЕРІН АНЫҚТАУ

M.A. Куцев

Аңдатпа Автор арнайы, сондай-ақ күрделі электрондық жабдықтар мен ғарыштық жүйелерді басқару және бақылау жүйелерін жөндеу және жаңғырту (жетілдіру) қызметтеріне зияткерлік құқық иесінің критерийлерін анықтау мәселесін зерттеді.

Өндірістік және ғарыштық жүйелерді басқару мен бақылау жүргізетін кәсіпорындарда технологиялық жабдықтарды пайдалану барысында олардың тозуы орын алады, бұл өз кезегінде жөндеу, жоспарлы-профилактикалық жұмыстарды жүргізу, құрылғыларды, механизмдерді немесе жүйелерді жаңғырту қажеттілігін айқындайды. Қазақстан Республикасының "Мемлекеттік сатып алу туралы" Заңының әрекетіне жататын мемлекеттік органдарға, мемлекеттік мекемелер мен кәсіпорындарға, сондай-ақ оларға қатысты заңды және аффилирленген тұлғаларға жөндеу және жаңғырту қызметтерін тек айрықша зияткерлік меншік құқықтарына ие бір ғана жеткізушіден сатып алуға рұқсат етіледі. Мұндай сатып алу монополияға қарсы органның ұқсас тауарлар мен қызметтерді өндіретін жеке кәсіпкерлік субъектілерінің жоқтығы туралы қорытындысы болған жағдайда жүзеге асырылады. Осыған байланысты жөндеу және жаңғырту (жетілдіру) қызметтеріне айрықша зияткерлік меншік құқығына ие тұлғаның критерийлерін дұрыс түсіну маңызды.

Автор отандық және халықаралық заңнамаларды талдау негізінде арнайы жабдықтарға немесе жүйе құраушы элементтерге зияткерлік құқықтардың болуы арнайы құжаттық растауды талап етпейді деген қорытындыға келеді. Айрықша зияткерлік меншік құқықтарының бар екенін растау үшін жабдық

өндірушісінің көрсетілгені бар ілеспе құжаттама немесе өндірушінің зияткерлік меншік құқықтарының бар екендігі туралы декларациялық мәлімдемесі жеткілікті.

Түйінді сөздер: ғарыштық жүйелер, ғарыш аппараттары, арнайы жабдықтар, зияткерлік құқық, айрықша құқық, авторлық құқық, сабақтас құқық, техниканы жөндеу.

STORING DATA IN SPACE.

Dina Aldanazarova ¹, Serik Ospanov ²

¹ Master student,
Kazakh-British Technical University,
050000, 59 Tole bi st., Almaty, Kazakhstan
E-mail: d_aldanazarova@kbtu.kz

² National Center for Space Research and Technology,
Integration of Kazkosmos with universities (Corporate Academy),
050010, 15 Shevchenko St., Almaty, Kazakhstan
E-mail: ospanoff1956@gmail.com

Abstract: Storage of data in space is a revolutionary approach to solve the problem of long-term data preservation and resilience against disruption on Earth. The space environment indeed provides opportunities for secure and scalable data storage but at considerable technical, economic, and regulatory challenges. This paper systematically investigates the feasibility of space-based data storage, with an emphasis on integrating state-of-the-art technologies like quantum memories, edge computing, and big data analytics. It evaluates the performance, security, and scalability of possible storage architectures, with emphasis on the transformational role that satellite constellations and intelligent systems will play. This paper discusses methodologies like Cloud, Fog and Edge computing to reduce latency and enhance data processing capabilities near edge devices in orbit. Space-based storage can, therefore, be an effective, sustainable, and secure solution for the growing demand for a data-driven future, which this research investigates.

Key words: Satellite data storage, fog computing, big data, cloud computing, edge computing

Introduction

Satellites and their services, such as GPS, real-time world-wide imaging, weather tracking, and communication, play a crucial role in modern life.[6] The development of small spacecraft (small satellites) and the creation of satellite constellations (swarms) highlight trends that emphasize the importance of data storage near edge devices (sensors, actuators, etc.), i.e., Edge Computing.[9]

The concept of storing data in space was, very recently, science fiction. Storing information in space allows us to transcend the boundaries of physical destruction, natural disasters, and other forms of human interference that

technologies on Earth face. This concept holds the possibility of offering secure, long-term, and scalable data storage solutions.

However, the transition to space-based data storage is not without challenges. Technical hurdles, economic constraints, and regulatory complexities must be fully overcome for this to happen. This paper tries to investigate the feasibility, benefits, and challenges of storing data in space and answers feasibly the question: Can space-based data storage provide a sustainable and secure solution for our data-driven future?

The Internet of Things (IoT) has led to an unprecedented growth in connected devices and their generated data.[5]

This paper presents a systematic review focused on technologies for storing data. Our primary contributions are as follows:

- We analyse the performance and security implications of different quantum memory implementations.
- We focus on the challenges and opportunities of integrating big data analytics with edge computing architectures.
- We discuss the potential applications of fog computing in enhancing the resilience and efficiency of data storage system

Related work

In this section, we explore the fundamental concepts of different methods for storing data in space, including quantum memories.

Quantum memories are being explored as a potential tool for fundamental physics in space. These memories allow for the storage of quantum states for a specific amount of time until retrieval occurs at a later point in time. This is particularly important for studying Bell tests on astronomical baselines, increasing measurement precision for investigations of gravitational effects on quantum systems, or enabling distributed networks of quantum sensors and clocks. Quantum technologies are expanding into viable public and commercial applications, and there is increasing interest in deploying such technologies in space to advance secure quantum communication, assist distributed quantum computation, improve sensing, and run experimental tests of fundamental physics. The upcoming project BECCAL will build on this heritage and perform numerous new experiments, including the operation of a quantum memory in space. Insights from this mission will inform further development of space-ready hardware for global quantum networks.[2]

This paper discusses [3] the importance of utilizing space data for space applications, focusing on its status and future development using system engineering methods. The authors summarize space data, including operation and mission data, their sources, access ways, characteristics of 5Vs, and application models, and the challenges they face in application. They propose platform design and architecture to meet the demand and challenges on space data application, emphasizing high scalability and flexibility in storage, computing, and data mining. They also suggest typical and promising practices for space data applications, which can improve intelligence on space applications, engineering, and science. The paper aims to bridge gaps between space engineering and information engineering, which is essential for widespread application of big data from space in the information paradigm. The authors emphasize the need for a unique platform that considers the unique features of space data and their application models.

Methodology

This paper surveys prior research and conducts a comparative analysis of Fog computing, Edge computing, Cloud computing, Big Data, focusing on their implications for data storage and safety. As IoT ecosystems grow, the need for efficient data handling and real-time processing capabilities becomes crucial. The Cloud-Fog-Edge architecture distributes computing resources across three layers: cloud, fog, and edge, each optimized for specific tasks within the IoT workflow.[8]

Fog Computing

Fog computing is an emerging paradigm that extends computation, communication, and storage facilities toward the edge of a network. It can support delay-sensitive service requests from end-users (EUs) with reduced energy consumption and low traffic congestion compared to traditional cloud computing. Fog networks are viewed as offloading to core computation and storage, with fog nodes in fog computing choosing to either process services using their available resources or send them to the cloud server. This helps achieve efficient resource utilization and higher performance regarding delay, bandwidth, and energy consumption.[12]

Fog computing, introduced in 2012, is a distributed architecture that optimizes processing and reduces application response times between end-users and cloud providers. It complements traditional cloud services and brings computational improvements closer to end-users. Fog computing can be based on Software-Defined Networks (SDN), Radio Access Networks (RAN), Fog Radio Access

Networks (F-RAN), or a combination of these technologies. The most common architecture for a fog computing environment is composed of three layers: IoT Layer, Fog Layer, and Cloud Layer. The IoT Layer represents IoT devices connected at the edge of the network, while the Fog Layer provides functionalities for processing applications before transferring data to the cloud. The Cloud Layer is composed of cloud providers' services, with more robust computational resources to process all requests made by the IoT Layer. The Fog Layer is essential in fog computing environments, as it only complements and does not replace cloud computing. Common characteristics to consider in fog computing environments include low latency, geographic distribution, heterogeneity, interoperability, real-time interactions, and scalability. Fog computing is suitable for use when the cloud alone does not meet some requirements, such as low latency and runtime, required by applications.[4]

Fog computing primarily uses physical objects with sensing capabilities connected over the Internet for smart applications. Instead of sending raw sensor data to the cloud, fog computing uses computational resources available with fog devices, such as network switches, routers, gateway devices, desktops/laptops, or private clouds. Fog nodes can be mobile, allowing UAVs and smart phones to be part of the fog network.[10]

Cloud Computing

Cloud computing services offer a powerful environment for storing large volumes of data, eliminating the need for dedicated space and expensive hardware and software maintenance. However, handling big data is time-consuming and requires large computational clusters for successful storage and processing.[9]

Cloud computing is a distributed system that offers reliable services shared among computing peers using virtualization technologies and Service Oriented Architectures (SOAs). It offers advantages such as customizable resources, guaranteed QoS, automatic organization and operation of hardware, software, and data, and scalability and flexibility. This technology is applicable not only in the e-business context but also in the space industry due to its on-demand service provisioning, scalability, and flexibility. For space data platforms, storage as a service guarantees data share and software as a service promotes novel algorithms. Private Cloud is initially used, but with cooperation, it will evolve to Community Cloud, sharing services among partners in a community. A good Cloud Computing platform should realize Cloud Computing theories and provide easy-to-use facilities for customized applications. Data mining tools are essential for deep application of space data in engineering decision and science research.[2]

Edge Computing

The Internet of Things (IoT) has become a significant development in the information industry, with the potential to reduce network pressure due to long distances between processing platforms and terminals. Edge computing offers a new paradigm for IoT applications, particularly in remote areas or extreme terrain where terrestrial networks are limited. Traditional satellites are highly customized and designed for specific applications, making it difficult to share local resources with others.

To address this issue, the concept of edge computing has been used in satellite IoT systems. This involves extending cloud platform capabilities to the edge of the network, supporting data processing via shared resources, minimizing data sent to the cloud for faster processing results. This combination has three key benefits: lowering communication data and reducing bandwidth demands on network links; reducing latency for applications and services; and supporting mobility of devices and geographically distributed applications.[7]

Wang Y, et al [7] proposes an intelligent satellite (iSat) suitable for satellite edge computing. iSat is a class of multi-purpose satellite with a powerful standardized hardware platform and a fault-tolerant expandable satellite operation system. It can load different apps and share on-board resources with other satellites on demand, providing a more robust and flexible personalized space service.

Big Data in Space

The concept of big data from space is influenced by the gaining momentum of space data and technological advancements.[3] Big data technologies are tools capable of storing meaningful information in different formats. To meet user requirements and analyze complex structured and unstructured data, several analytical frameworks have been made available. These technologies aim to store reliable and accurate results for big data. Big data requires state-of-the-art technology to efficiently store and process large amounts of data within a limited run time.[9]

Big data techniques are involved in various disciplines, such as signal processing, statistics, visualization, social network analysis, neural networks, and data mining. Storing big data requires scalable architecture and efficient storage and manipulation. Big data is characterized by three Vs: volume, velocity, and variety. These characteristics were introduced by Gartner to define the various challenges in big data. With new-generation architecture, data are now stored in different types of formats, leading to five Vs: volume, velocity, variety, value, and veracity.[2]

Tan, et al argue that space data has unique features compared to other daily-life big data such as consumer data, such as collection, storing, organizing, and processing. To efficiently use space data and maximize outcomes of space activities, it is essential to display the distinctions of space data both in structures and application models. A unique platform considering these factors is needed to facilitate space data application.[3]

Technology	Advantages	Disadvantages
Cloud Computing	- Centralized data management and storage. - Scalability and elasticity. - Cost-efficient pay-as-you-go model. - Reliable backups and disaster recovery options. - Supports collaborative and remote access.	- Latency due to centralized processing. - Requires stable internet connectivity. - Data security and privacy concerns. - Limited edge-based real-time processing.
Fog Computing	- Reduces latency compared to cloud. - Processes data closer to the source. - Eases network congestion. - Ideal for IoT and time-sensitive applications. - Greater control over sensitive data.	- May involve higher implementation complexity. - Requires managing decentralized nodes. - Limited computing power compared to cloud. - Potential interoperability issues.
Edge Computing	- Ultra-low latency by processing data at the source. - Improves responsiveness in IoT and real-time applications. - Reduces bandwidth usage. - Enhances privacy by keeping data local. - Increases availability for offline operations.	- Constrained computing and storage resources. - Scalability limitations compared to centralized systems. - Complex infrastructure management. - Susceptible to physical security risks.
Big Data	- Supports advanced analytics for decision-making. - Helps uncover patterns, trends, and insights. - Enhances operational efficiency. - Scales to massive datasets. - Useful in AI and ML applications.	- High implementation and maintenance costs. - Requires significant data storage resources. - Data privacy and compliance challenges. - Complexity in handling unstructured and diverse data.

Table 1. Advantages and Disadvantages of Cloud Computing, Fog Computing, Edge Computing, and Big Data.

While fog computing and cloud computing are interdependent in terms of providing computation, storage, and applications, they differ from each other significantly.[12]

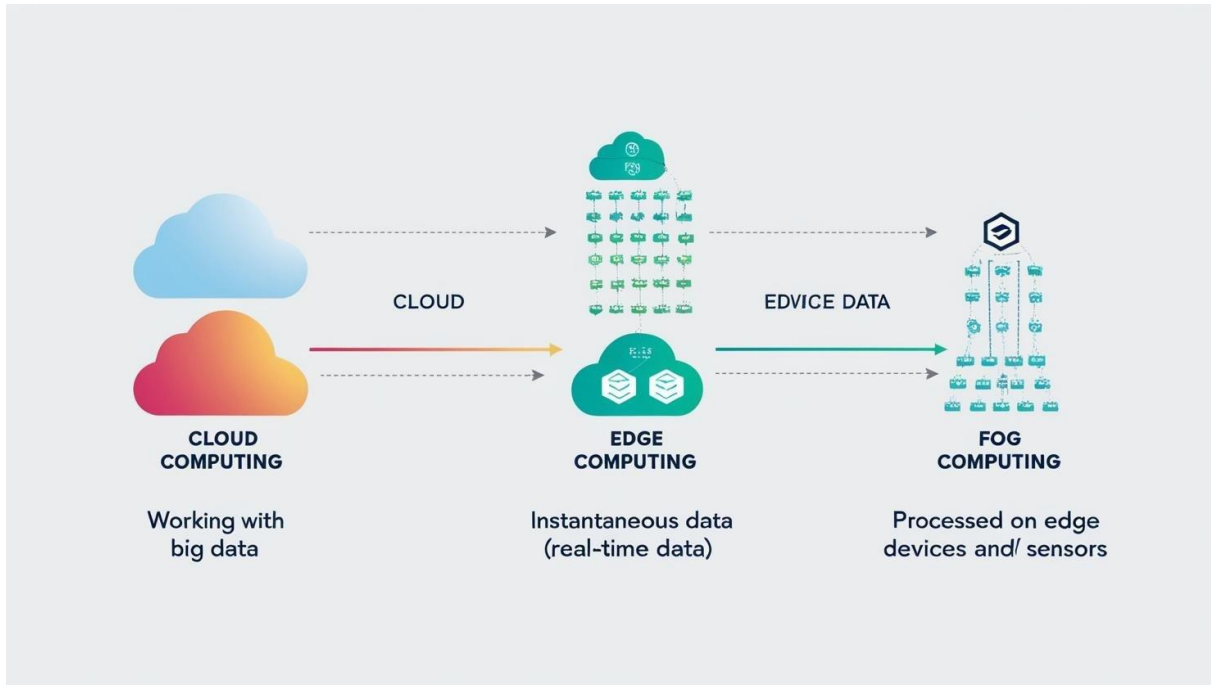


Figure 1 - Fog-Cloud-Edge Computing.

One of the key benefits of this architecture is its ability to leverage advanced technologies like Software-Defined Networking (SDN) and Network Functions Virtualization (NFV). These technologies provide flexible control over network resources, enabling real-time adjustments based on the dynamic needs of data flow. This flexibility is crucial for managing the complex and diverse data generated by space-based systems, ensuring seamless and efficient data processing.

Cloud-Fog-Edge architecture significantly addresses the scalability issues associated with massive datasets. By processing data closer to the source, it reduces the burden on centralized cloud servers and minimizes the need for extensive data transmission across the network. This approach not only enhances operational efficiency but also reduces the risk of data loss and improves data security.

Furthermore, the integration of quantum memories and big data analytics within this architecture opens new avenues for secure and resilient data storage. Quantum memories provide a robust solution for long-term data preservation, while big data analytics enable the extraction of valuable insights from large datasets in real time. This combination ensures that space-based storage systems can meet the growing demands of a data-driven future.

However, the implementation of this innovative solution is not without challenges. Technical hurdles such as the complexity of handling unstructured and diverse data, high implementation and maintenance costs, and significant data storage resource requirements must be addressed. Additionally, there are economic and regulatory challenges that need to be considered to fully realize the potential of space-based data storage.

Results

Cloud-Fog-Edge architecture addresses the challenges of traditional cloud computing architectures by decentralizing data processing across the network's edge. This tri-layered architecture distributes data tasks strategically across the cloud, intermediate fog nodes, and edge devices, reducing latency significantly. The architecture's efficacy is further enhanced through the integration of advanced technologies like Software-Defined Networking (SDN) and Network Functions Virtualization (NFV), which provide flexible control over network resources, allowing for real-time adjustments based on data flow needs [8].

The integration of Cloud, Fog, and Edge computing in the context of space-based data storage presents a significant advancement over traditional cloud computing architectures. By decentralizing data processing, this tri-layered architecture ensures that tasks are efficiently distributed across cloud servers, fog nodes, and edge devices located in orbit. This strategic distribution of data tasks not only reduces latency but also enhances the overall efficiency of data management in space.

In summary, the Cloud-Fog-Edge computing architecture represents a promising solution for the challenges of storing data in space. By decentralizing data processing and leveraging advanced technologies, it offers a scalable, efficient, and secure approach to managing the vast amounts of data generated by space systems. As research and development in this field continue, it is essential to address the associated challenges to fully harness the benefits of this transformative technology.

Conclusion

In conclusion, the concept of storing data in space presents a revolutionary approach to addressing the challenges of long-term data preservation and resilience against disruptions on Earth. The space environment offers unique opportunities for secure and scalable data storage, leveraging advanced technologies such as quantum

memories, edge computing, and big data analytics. However, this innovative solution is not without its challenges, including technical, economic, and regulatory hurdles that must be overcome.

This paper has systematically investigated the feasibility of space-based data storage, highlighting the potential benefits and the transformational role that satellite constellations and intelligent systems can play. By integrating methodologies like Cloud, Fog, and Edge computing, we can reduce latency and enhance data processing capabilities near edge devices in orbit. Space-based storage emerges as a promising, sustainable, and secure solution for the growing demand for a data-driven future.

As we move forward, it is crucial to continue exploring and addressing the challenges associated with space-based data storage to fully realize its potential. The insights gained from this research provide a foundation for future developments and innovations in this exciting field.

References:

1. Торки, М., Габер, Т., Хассаньен, А.Э. Blockchain in Space Industry: Challenges and Solutions [Электронный ресурс] // arXiv: Signal Processing. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/>, свободный.
2. Моль, Ян-Михаэль и др. Quantum memories for fundamental science in space // Quantum Science and Technology. – 2023. – № 8.
3. Тан, Дж., Осборн, Б. ANALYSIS OF BIG DATA FROM SPACE // ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2017. – С. 1367-1371.
4. Бачиега, Ж., Коста, Б., Карвалью, Л., Роза, М., Араужо, А. Computational Resource Allocation in Fog Computing: A Comprehensive Survey // ACM Computing Surveys. – 2023. – Т. 55. – С. 1-31. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3586181>.
5. Шприама, Сатиш Нараяна. A decade of research in fog computing: Relevance, challenges, and future directions // Software: Practice and Experience. – 2023. – Т. 54. – С. 23-3.
6. Джеро, С., Фургала, Ю., Хеллер, М.А., Нахилл, Б., Мергендаль, С., Сковыра, Р.В. Securing the Satellite Software Stack // Proceedings 2024 Workshop on Security of Space and Satellite Systems. – 2024.

7. Ван Ю., Ян Дж., Го Х., Цюй З. Satellite Edge Computing for the Internet of Things in Aerospace // Sensors (Basel). – 2019. – Т. 19, № 20. – С. 4375. – DOI: 10.3390/s19204375. – PMID: 31658684; PMCID: PMC6832566.
8. Каляшина, А., Смирнов, Ю., Есов, В., Кузнецов, М., Дмитриева, О. Enhancing IoT systems through Cloud-Fog-Edge architectures: challenges and opportunities // E3S Web of Conferences. – 2024. – Т. 583. – DOI: 10.1051/e3sconf/202458306012.
9. Сандху, А. Big data with cloud computing: Discussions and challenges // Big Data Min. Anal. – 2021. – Т. 5. – С. 32-40. – DOI: <https://doi.org/10.26599/bdma.2021.9020016>.
10. Шприама, С. A Decade of Research in Fog Computing: Relevance, Challenges, and Future Directions // arXiv. – 2023. – DOI: 10.48550/arXiv.2305.01974.
11. Джеро, С., Фургала, Ю., Хеллер, М.А., Нахилл, Б., Мергендаль, С., Сковыра, Р.В. Securing the Satellite Software Stack // Proceedings 2024 Workshop on Security of Space and Satellite Systems. – 2024.
12. Мукерджи, М., Шу, Л., Ван, Д. Survey of Fog Computing: Fundamental, Network Applications, and Research Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2018. – Т. PP. – С. 1-1. – DOI: 10.1109/COMST.2018.2814571.
13. Фан, З., Ван, Д., Ван, Х., Ли, Ю. Research and Application of Big Earth Data Distribution and Sharing System // 2021 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA). – 2021. – С. 62-66.
14. Моль, Я., Эсгерра, Л., Мейстер, М., Вольтерс, Й., Вёрнер, Л. Quantum memories for fundamental physics in space // Quantum Technologies 2022.

ҒАРЫШТА ДЕРЕКТЕРДІ САҚТАУ **Алданазарова Д., Оспанов С.**

Аңдатпа: Ғарышта деректерді сақтау қатаң орта жағдайлары мен ұзақ мерзімді сақтаудың қажеттілігіне байланысты бірегей қиындықтар мен мүмкіндіктерді ұсынады. Бұл қиындықтарды шешу үшін Үлкен деректер, таратылған жүйелер және кванттық жад сияқты әртүрлі технологиялар мен әдістер зерттелді. Бұл мақалада деректерді ашық ғарышта сақтау мүмкіндіктері қарастырылады.

Тірек сөздер: Жерсеріктік деректерді сақтау, тұманды есептеу, үлкен деректер, бұлтты есептеу, шеттік есептеу

ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ В КОСМОСЕ

Д. Алданазарова, С. Оспанов

Аннотация: Хранение данных в космосе представляет собой уникальные проблемы и возможности, связанные с суровыми условиями окружающей среды и необходимостью долговременного хранения. Для решения этих проблем были изучены различные технологии и методы, такие как большие данные, распределенные системы и квантовая память. В данной статье рассматриваются возможности хранения данных в открытом космосе.

Ключевые слова: Хранение спутниковых данных, туманные вычисления, большие данные, облачные вычисления, периферийные вычисления.

ҒАРЫШТЫҚ ҚОНДЫРУ МЕХАНИЗМІНІҢ ЫҚШАМДЫ АДАПТИВТІ ЖЕТЕГІН ҚҰРУ

Әбутәліп Б.Е., Иванов К.С.

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» ҚЕАҚ,
050013, Қазақстан, Алматы қ., Байтурсынұлы к-сі, 126/1
E-mail: bekzatabutlip12@gmail.com

Аңдатпа: Бұл мақалада ғарыштық қондыру механизмдеріне арналған ықшамды адаптивті жетектің құрылу принциптері қарастырылады. Қазіргі уақытта қолданылатын жетектер екі кірісті басқару жүйелерін қажет етеді, бұл олардың құрылымдық күрделілігін арттырады. Ұсынылған жаңа адаптивті жетек бір ғана кіріс арқылы жұмыс істейді және сыртқы жүктемеге автоматты түрде бейімделе алады. Бұл жетек жоғары сенімділікті қамтамасыз етеді және басқару жүйесін күрделендірмейді. Жұмыста жетектің теориялық негіздері, құрылымдық ерекшеліктері және эксперименттік зерттеу нәтижелері талқыланады. Мақаланың мақсаты ғарыштық салада қондыру механизмінің қарапайым және ықшамды жетегін жасау болып табылады.

Кілттік сөздер: Бейімделетін жетек, күшке бейімделу, қондыру механизмі, модельдеу, прототип, эксперимент, бейімделу диапазоны.

Кіріспе

Қолданыстағы басқарылатын электромеханикалық жетек екі еркіндік дәрежесі бар реттелетін кинематикалық тізбек болып табылады және екі кірісі (екі электр қозғалтқышы) бар [1-5]. Мұндай жетектің мынадай елеулі кемшіліктері бар: конструкцияның күрделілігі, басқару жүйесінің күрделілігі, жетекті басқарудың күрделілігі.

Жеңілдетілген екі жылжымалы жүйелер микросателлиттерді және наноспутниктерді шағын көлемді қондыру үшін қолданылған [6, 7 және 8]. Бірақ жеңілдетілген жүйе жұмыс сенімділігін төмендетеді және номиналды сыныптың спутниктері үшін қолданыла алмайды.

Ғалымдар мен зерттеушілер оның сенімділігін арттыру және басқаруды жеңілдету үшін қондыру процесін жеңілдетуге тырысты. Автоматтандырылған кездесу жүйесі [9], тікелей электрлік қондыру жүйесі [10] және жұмсақ қондыру жүйесі [11] жасалды. Дегенмен, қолданыстағы жетектің негізгі қиындығы екі еркіндік дәрежесі және екі кірісі бар кинематикалық тізбекті пайдалану болып табылады. Мұндай жетек басқару

жүйесін қажет етеді. Бұл кемшілік өзгеріссіз қалды.

Соңғы уақытта ғарыштық техника саласында жұмыс істейтін ғалымдар жүргізген зерттеулер қондыру механизмдерін жобалауға стандартталған талаптарды жасауға әкелді [12].

Ғалымдардың одан әрі зерттеулері қондыру механизмінің бар жетегінің динамикасын зерттеуге бағытталған [13-16]. Қондырғыш механизмдердің жетектері бойынша заманауи зерттеулер негізінен қозғалысты технологиялық қондыру механизміне беретін электр қозғалтқышының басқару жүйесін жетілдіруге және жетек беріліс механизмінің конструкциясын жақсартуға бағытталған.

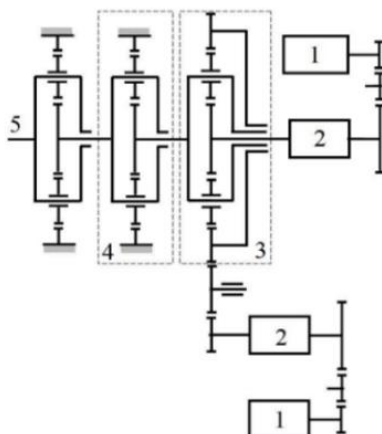
[17] мақалада технологиялық механизмді басқаратын синхронды қозғалтқыштың қуатын басқару әдісі зерттелген. Бұл әдіс электромагниттік моменттің өтпелі кезеңдерінің статор токтарының қатынасының өзгеруін қарастырады және айтарлықтай күрделі. Сонымен қатар, қондыру механизмінің сыртқы кедергісіне бейімделуге қол жеткізу қиын.

2004 жылы екі еркіндік дәрежесі бар, бірақ бір ғана кірісі бар принципті жаңа өзін-өзі реттейтін планетарлық беріліс мүмкіндігі туралы ақпарат пайда болды [18]. Мұндай беріліс айнымалы сыртқы жүктемеге дербес (басқару жүйесі жоқ) бейімделе алады. Қону механизмін жүргізу үшін екі жылжымалы адаптивті беріліс қорабын пайдалану идеясы Иванов пен Төлекенованың еңбектерінде дамыған [19, 20]. Дегенмен, олар жасаған қондыру механизмінің адаптивті жетегі тек бір кіріс болған кезде қозғалыстың анықталуын қамтамасыз ету үшін теориялық негіздеменің болмауына байланысты сыртқы жүктемеге күшпен бейімделудің шектеулі диапазонына ие.

Ұсынылған мақалада берілген бейімделу диапазоны бар қондыру механизмі үшін қарапайым және ықшамды бейімделу күші- (қуат) жетек сипатталады және жасалады. Сонымен қатар мақалада ықшамды адаптивті жетектің құрылу принциптері, теориялық негіздемесі және эксперименттік зерттеу жүргізіледі.

Қондырғыш механизмінің бар жетегі.

Қолданыстағы қондыру механизмінің жетегінде [20] муфталары 2 бар екі кіріс қозғалтқышы 1, дифференциал 3, екі планетарлық беріліс 4 және қондыру механизмін қозғалысқа келтіретін шығыс білігі 5 бар.



1-сурет. Қондыру механизмінің бар жетегі

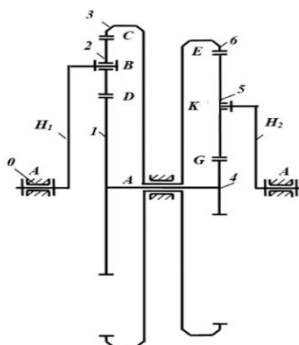
Жетек екі еркіндік дәрежесіне ие және басқарылатын екі қозғалтқыштан қозғалысты алады. Екі қозғалтқыштың болуы қозғалыстың теориялық талап етілетін анықталуын қамтамасыз етеді. Басқарылатын қозғалтқыштар қозғалысты екі еркіндік дәрежесімен дифференциалға 3 береді, содан кейін планетарлық беріліс 4 арқылы шығыс білікке 5. Планетарлық беріліс 4 қажетті беріліс қатынасын қамтамасыз етеді. Жетек айнымалы технологиялық жүктемеге шығыс білігінің 5 күшіне бейімделуін қамтамасыз етеді.

Қондыру механизмінің жетегінде муфталары 2 бар екі кіріс қозғалтқышы 1, дифференциал 3, екі планетарлық беріліс 4 және қондыру механизмін басқаратын шығыс білігі 5 бар.

Жетектің кемшілігі оның құрылымдық күрделілігі, екі басқарылатын қозғалтқышты пайдалану қажеттілігі, үлкен өлшемдері мен салмағы, басқару жүйесінің құрылымының күрделілігі және қондыру күрделілігі.

Бастапқы адаптивті жетек.

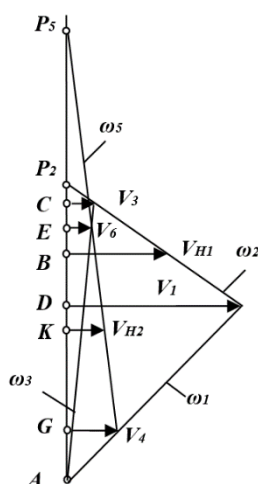
Ұсынылған мақалада екі еркіндік дәрежесі және бір кірісі бар бастапқы адаптивті жетек қысқаша қарастырылады [25].



2-сурет. Бастапқы бейімделу механизмінің кинематикалық схемасы

Бастапқы адаптивті жетекте электр қозғалтқышы мен беріліс вариаторы бар. Бейімделетін бастапқы беріліс вариаторы (Сурет 2) кіріс тасымалдағышты қамтиды H_1 , берілістердің тұйық контуры 1–2–3–6–5–4 және шығыс тасымалдаушы H_2 . Жабық контурда кіріс жерсерігі 2 бар, күн беріліс блогы 1–4, сақиналы беріліс блогы 3–6 және шығу спутнигі 5.

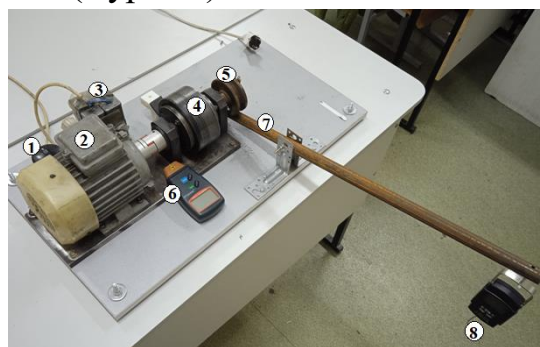
Адаптивті жетекте жүргізілген зерттеулер кинематикалық және қуат параметрлерінің өзара әрекеттесуіне негізделген. Кинематикалық параметрлер сызықтық жылдамдық жоспарында көрсетілген (3-сурет).



3-сурет. Бастапқыдағы сызықтық жылдамдық жоспары бейімделу тізбегі

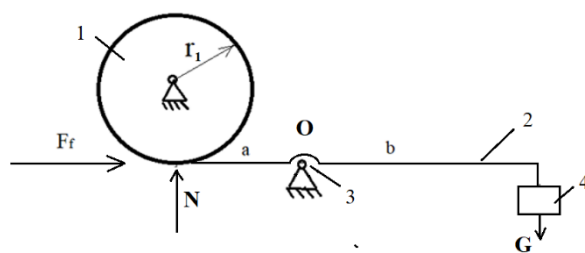
Бастапқы бейімделу механизмінің жылдамдық жоспарында сызықтық жылдамдықтар ($i=1, 3, 4, 6, H1, H2$), бұрыштық жылдамдықтар ($i=1, 2, 3, 5, H1, H2$), 2 – P2 және 5 – P5 буын жылдамдықтарының лездік орталықтары бар. $V_i \omega_i$ Әсер ететін сыртқы күштер: M_{H1} – кіріс моменті, M_{H2} – қарсылықтың шығыс моменті.

Бастапқы адаптивті вариатордың схемасы бастапқы адаптивті жетекті құру үшін пайдаланылды (Сурет 4).



4-сурет. Сынақ прототипіндегі бастапқы адаптивті жетек

Бастапқы бейімделгіш жетектің құрамында: электр қозғалтқышы 1, бастапқы бейімделгіш вариатор 2, шығыс тежегіш дискі 3, күш тұтқасы 4, адинамометр мен гравитация 5 және тахометр 6. Сынақтар кезінде қозғалтқыш 1 бейімделгіш вариаторды 2 тұрақты кіріс бұрыштық жылдамдығымен және тұрақты қозғау моментімен басқарады. $\omega_{H1} M_{H1}$ Жүктеме 5 күш иінірегі 4 арқылы тежегіш дискіге 3 күш жібереді, және қарсылықтың айнымалы шығыс моментін жасайды. M_{H2} Шығу тежеу жүйесі 5 – суретте көрсетілген:



5-сурет. Қарсылық моментінің шығыс тежеу жүйесі

Шығу тежеу жүйесінде радиусы бар тежегіш дискі 1, a және b иықтары бар рычаг 2, тірек 3, жүк 4 бар. r_1 Әсер ететін күштер: ауырлық G , қалыпты күш N , үйкеліс күші (f – үйкеліс коэффициенті). $F_f = Nf$. Гравитацияның әсерінен шығыс тежеу жүйесі шығысты жасайды. Сыртқы шығыс тасымалдағыштың білігіне қарсылық моменті (үйкеліс моменті). $M_{H2} = M_f H2$.

$$M_f = F_f r_1$$

(1)

немесе

$$M_f = N f r_1, \quad (2)$$

Бұл формуладағы $N = Gb/a$.

Сыртқы бастапқы адаптивті дискінің параметрлері:

$$M_{H1} \omega_{H1} = M_{H2} \omega_{H2} \quad (3)$$

Бастапқы вариатордың параметрлері қатынасының теңдеулері күштің бейімделу шартын ұсынуға мүмкіндік береді.

$$\omega_{H2} = M_{H1} \omega_{H1} / M_{H2} \quad (4)$$

Бұл теңдеуде адаптивті шығыс бұрыштық жылдамдығын кіріс қуатының берілген параметрлері арқылы анықтауға болады. $\omega_{H2} M_{H1}$

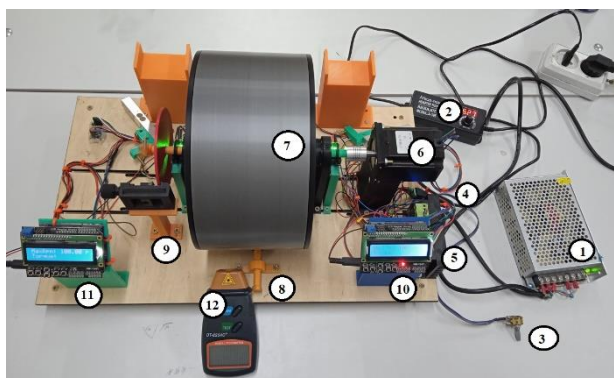
Шығу моменті ауқымында өзгереді:

$$M_{H1} \leq M_{H2} \leq M_{H2max} \quad (5)$$

Теориялық зерттеулер эксперимент арқылы дәлелденді. Қондырғыш механизмінің бастапқы бейімделгіш вариаторы сыртқы жүктемеге шығыс моментінің болмауына байланысты күшті бейімделудің шектеулі диапазонына ие.

Бастапқы адаптивті вариаторды жаңарту.

Бастапқы адаптивті вариаторды модернизациялау тек бір кірісі бар екі еркіндік дәрежесі бар кинематикалық тізбек негізінде анықталатын механизмді құру теориясына негізделген [25, 2]. Мұнда анықталатын механизмді құру теориясының негізгі ережелері қысқаша берілген. Бұл ережелер бастапқы механизмнің кинематикалық схемасына қажетті толықтырулар енгізуге мүмкіндік береді (2-сурет). Жаңарту үшін виртуалды жұмыс (куат) принципіне негізделген кинематикалық және күш параметрлерінің өзара байланысының шарттары қолданылады. Екі еркіндік дәрежесі бар және бір кірісі бар механизм үшін екі тепе-теңдік шарты құрылуы керек: 1. Қозғалыстың анықталуына жету шарты, 2. Жұмыс режимінде күшке бейімделу шарты. Әрі қарай конструкторлық құжаттама жасалды, оған сәйкес анықталатын бейімделгіш вариатор және сынақ макеті жасалды. Сынақ макетінде анықталатын адаптивті вариатор 7-суретте көрсетілген.

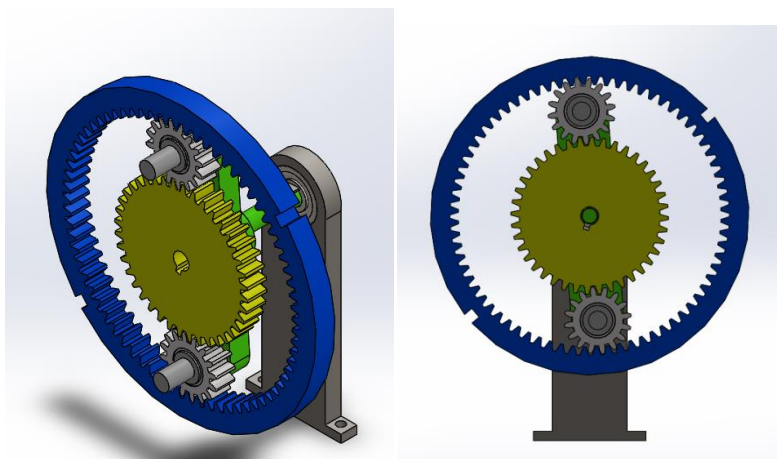


6-сурет. Сынақ прототипіне күштеп бейімделетін вариатор

Бұл жерде келесі компоненттер бар: ажыратқыш 1, кернеу реттегіші 2, потенциометр 3, нано arduino 4, қадамдық контроллер 5, қадамдық қозғалтқыш 6, қуатты бейімдеу вариаторы 7, сыртқы күш-жылдамдық шектеуі 8, сыртқы тежегіш дискі 9, кіріс тахометрі 10, шығыс тахометр 11, аралық тахометр 12. Эксперименттік зерттеулерде күш-жылдамдық шектеуі 8 айнымалы мәнге ие болуы керек. Бұл мақалада ішкі күш-жылдамдық шектеуі теориялық тұрғыдан қарапайым болу үшін шамасы бойынша эквивалентті сыртқы бақыланатын шектеумен ауыстырылды. Сынақ макеті бейімделгіш вариатор жетектің күші мен кинематикалық параметрлерінің байланысын зерттеуге мүмкіндік береді.

Вариатор параметрлері арасындағы байланысты зерттеу планетарлық

беріліс қораптарына арналған SolidWorks бағдарламасында жасалды. Күшті бейімдеу вариаторы бір планеталық механизмді қамтиды. Планеталық механизм SolidWorks бағдарламасында ұсынылған (Сурет 7). Тістердің саны 1-кестеде көрсетілген.



7-сурет. SolidWorks бағдарламасында жасалған анимация

Кесте-1. Берілістердің тістерінің саны

Беріліс	Тістер саны	Диаметрі
Кіріс күн беріліс, Z1	40	80мм
Кіріс жерсерігі, Z2	16	32мм
Кіріс сақинасы, Z3	72	144мм

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер ғарыштық қондыру механизмінің анықталатын бейімделгіш жетегін жасауға мүмкіндік береді. Анықтау механизмі тек бір кірісі бар екі еркіндік дәрежесі бар принципті жаңа кинематикалық тізбекті пайдалануға негізделген. Бұл тізбектің қозғалысының анықталуы салыстырмалы бұрыштық жылдамдықпен үйкеліс моментінің айтарлықтай жаңа күш-жылдамдық шектеуін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Жаңа анықталатын кинематикалық тізбек бұрын болмаған бейімделгіш механизмдердің негізі болып табылады. Анықталатын жетек қарсылық моментінің берілген диапазонында шығыс білігінің айнымалы шығыс жүктемесіне бейімделуін қамтамасыз етеді. Қуатты бейімдеудің берілген диапазоны бар қуат адаптивті жетегі айнымалы технологиялық кедергіні жеңу қажет болатын технологияның барлық салаларында қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Сыромятников В.С.: Ғарыш аппараттарын қондыру құрылғылары. *Машина жасау*. (Мәскеу, 1984). 11-бет.
2. Langley RD Apollo тәжірибесі туралы есеп – қондыру жүйесі. // NASA техникалық ескертпесі, NASA TN D-6854, NASA. (Вашигтон, DC, 1972).
3. Paine TO, Fentress CE Кеңейтетін орталық зонд және дрогу. Патент US3526372, 1970 ж.
4. Армстронг WW n-байланысты математикалық қозғалыс теңдеуінің рекурсивті шешімі Прок. Машиналар мен механизмдер теориясы бойынша 5 Дүниежүзілік конгресс, Монреаль, 1979, 343-1346 беттер.
5. Оливьери Л., Шағын ғарыш аппараттары үшін қондыру механизмінің дизайны. CISAS «Г. Коломбо», Падова университеті, Италия, 2012, 1-8 бет. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.02.04.2016> ж.
6. Боессо, А., Франческони, А.: микро-серіктерге арналған ARCADE шағын масштабты қондыру механизмі. *Acta Astronautica* 86, 2013, 77–87 беттер. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2013.01.006>.
7. Lion L., Caon A., Olivieri L., Francesco Branz F., Francesconi A. Кинематикалық сынақтар микросателлиттерге арналған қондыру механизмі. *CEAS Space Journal*, Springer, 2023, том. 16. 56-63 беттер. дой: [10.21203/rs.3.rs-3745650/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3745650/v1).
8. Kyoichi Ui, т.б. Соңғы кездесуге жақындау және қондыру кезеңі үшін нано-спутниктік қондыру механизмінің микрогравитациялық эксперименттері. *Микрогравитация-ғылым және технология*, 2005, том. 17, 3, 56-63. дой: [10.1007/BF02872088](https://doi.org/10.1007/BF02872088).
9. Фехсе, В.: Автоматтандырылған кездесу және ғарыш аппараттарын қондырукембридж университетінің баспасы, Кембридж, 2003 ж. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511543388>.
10. McFatter, J., Keiser, K., Rupp, T.: NASA қондыру жүйесі блогы 1: NASA-ның XFC және болашақ адамның ғарыштық зерттеулерін қолдайтын жаңа тікелей электрлік қондыру жүйесі. 44-ші Аэроғарыштық механизмдер симпозиумында, 2018 ж., 471-484 беттер.
11. Сатьянараяна Гупта, М Киран. Магниттік-реологиялық (MR) сұйықтығының көмегімен жұмсақ түсіру қондыру жүйесін жобалау және қосымша өндіру. *International Journal of Science and Research (IJSR)* ISSN (Онлайн): 2319-7064. 1055-1059 беттер.

12. NASA: Халықаралық қондыру жүйесінің стандарты (IDSS). Интерфейсті анықтау құжаты. Е редакциясы, 2016. 34 бет.

13. Голубев Ю.Ф., Яскевич А.В.: Ғарыш аппараттарының орталық типті қондыру механизмдерінің динамикасын компьютерлік модельдеу. Алдын ала басып шығару IPM MVKeldysh. doi: 10.20948/2019-89 жылға дейін. 2019, п. 89. 40 бет. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2019-89>.

14. Яскевич А. Ғарыш кемелерін қондыру және айлақтау кезінде контактілердің өзара әрекеттесуін нақты уақыт режимінде модельдеу. Механика инженериясы және автоматтандыру журналы, 2014, т. 4, жоқ. 1, 1–15 беттер.

15. Яскевич А.В.: Перспективті ғарыш аппараттары үшін түйреуіш-конус типті қондыру механизмінің кинематикалық схемасы. Т. 4, п. 19. Ғарыштық техника және технология. Мәскеу, 2017 ж., р. 95 – 104.

16. Голубев Ю.Ф., Яскевич А.В. Ғарыш аппараттарының перифериялық серпімді-бейімделетін қондыру механизмінің динамикасын компьютерлік модельдеу // М.В.Келдыш атындағы IPM преп., 2019, п.76. 34 бет. doi:10.20948/prepr-2019-76 .

17. Маринка Багдасарян, Армин Аветисян. «Электр жетекті қозғалтқыш – технологиялық механизм» жүйесінің тұрақтылық шарттарын зерттеу. Электротехниканың халықаралық шолуы (IREE). 18 том, № 2 (2023). 111-118 беттер. <https://doi.org/10.15866/iree.v18i2.22925>.

18. Балбаев Г., Цеккерелли М. және Карбон Г, Жаңа планетарлық трансмиссияның дизайны және сандық сипаттамасы. Inter.Jnl of Innovative Technology & Research, 2004, Т. 2, п. 1, 735-739 беттер.

19. Иванов К.С.: Екі еркіндік дәрежесі бар механизмдерді құру перспективалары. IFToMM Бүкіләлемдік механизм және машина ғылымы конгресі. Механизм және машина ғылымындағы жетістіктер. Springer Nature Switzerland AG, 2019 ж. 937-946 беттер.

20. Иванов К.С., Цеккерелли М., Тулекенова Д.Т.: Ғарыш аппараттарының қондыру механизмінің адаптивті жетекі. Механизмдер мен машиналар Ғылым, Springer, 2021, 103-том, 168-178 бет.

**СОЗДАНИЕ КОМПАКТНОГО АДАПТИВНОГО ПРИВОДА ДЛЯ
КОСМИЧЕСКОГО ПОСАДОЧНОГО МЕХАНИЗМА
Б.Е. Әбутәліп, К.С. Иванов**

Аннотация. В статье рассматриваются принципы проектирования малогабаритного адаптивного привода для механизмов посадки космических аппаратов. Используемые в настоящее время приводы требуют двухвходовых систем управления, что увеличивает их конструктивную сложность. Предлагаемый новый адаптивный привод работает только с одним входом и может автоматически адаптироваться к

внешней нагрузке. Данный привод обеспечивает высокую надежность и не усложняет систему управления. В работе рассмотрены теоретические основы, конструктивные особенности и результаты экспериментальных исследований привода. Целью статьи является создание простого и компактного привода для механизма посадки в космической отрасли.

Ключевые слова: Адаптивный привод, силовая адаптация, механизм приземления, моделирование, прототип, эксперимент, диапазон адаптации.

CREATION OF A COMPACT ADAPTIVE DRIVE FOR A SPACE LANDING MECHANISM

Abutalip B.E., Ivanov K.S.

Abstract. The article discusses the design principles of a small-sized adaptive drive for spacecraft landing mechanisms. The drives currently in use require two-input control systems, which increases their design complexity. The proposed new adaptive drive operates with only one input and can automatically adapt to an external load. This drive provides high reliability and does not complicate the control system. The paper discusses the theoretical foundations, design features, and experimental results of the drive. The purpose of the article is to create a simple and compact drive for a landing mechanism in the space industry

Keywords: Adaptive drive, force adaptation, landing mechanism, modeling, prototype, experiment, adaptation range.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Койчубаев Р. Е. 

НАО «Алматинский Университет Энергетики и
связи имени Гумарбека Даукеева»,

050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

E-mail: r.koichubayev@aes.kz

Аннотация: В статье рассматриваются методы прогнозирования отказов программного обеспечения (ПО) автономных космических систем. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности ПО, функционирующего в условиях ограниченного технического обслуживания. Целью работы является разработка вероятностной модели прогнозирования отказов с учетом стохастической природы сбоев. В качестве методов используются анализ дерева отказов (SFTA), анализ последствий отказов (SFMECA) и Марковские процессы. На основе проведенного анализа предложены меры по повышению отказоустойчивости автономных систем, включая резервирование критически важных функций, адаптивные алгоритмы обработки данных и стратегии контроля надежности. Перспективным направлением дальнейших исследований является применение методов машинного обучения для динамического прогнозирования отказов и оптимизации надежности программных систем.

Ключевые слова: прогнозирование отказов, надежность ПО, автономные системы, SFTA, SFMECA, Марковские процессы, OSR-Rover.

Введение

Анализ моделей программного обеспечения, используемых в космических аппаратах, показывает, что степень их надежности можно определить только на основе вероятностных методов, таких как анализ потока ошибок, функции распределения отказов и стохастическое моделирование [1]. В исследованиях, посвященных надежности бортовой аппаратуры длительного функционирования, отмечается, что для обеспечения высокой вероятности безотказной работы необходимо применять комплексные методы прогнозирования, включающие моделирование вероятностных процессов, анализ критических точек отказов и адаптивные стратегии [2].

Статистические методы включают в себя анализ программного кода, выявление потенциальных ошибок и прогнозирование их возникновения. К ним относятся статические модели, которые оценивают зависимость количества ошибок от числа тестов или характеристик входных данных. Динамические методы, в свою очередь, основаны на анализе поведения

системы в процессе ее работы, учитывая интервалы между отказами и распределение ошибок во времени [3].

В данной работе рассматриваются вероятностные методы прогнозирования отказов программного обеспечения автономных систем. В качестве инструментов анализа используются методы анализа дерева отказов (SFTA), анализа последствий отказов (SFMECA) и Марковские процессы. Их выбор обусловлен способностью выявлять критически важные компоненты, оценивать вероятность отказов и разрабатывать стратегии их минимизации. Теоретическое обоснование базируется на существующих подходах к прогнозированию надежности ПО, однако основные данные получены в результате собственного исследования, проведенного в рамках диссертационной работы.

В ходе диссертационного исследования выполнены статистический и динамический анализ отказов, а также собраны данные о выявленных сбоях и ошибках. Эти данные использованы для построения моделей прогнозирования и разработки рекомендаций по повышению отказоустойчивости.

Целью данного исследования является разработка и применение вероятностных моделей для прогнозирования отказов программного обеспечения (ПО) автономных систем. Предлагаемый подход учитывает стохастическую природу отказов и позволяет повысить точность оценки надежности ПО за счет моделирования вероятностных процессов. Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

1. Рассмотреть основные вероятностные модели отказов;
2. Применить вероятностные модели для анализа надежности ПО автономных систем;
3. Выявить критически важные компоненты ПО на примере OSR-Rover;
4. Разработать рекомендации по повышению отказоустойчивости.

Методы и методология

Для анализа надежности использовалось программное обеспечение марсохода OSR-Rover, реализованное в среде ROS2 и доступное в открытом репозитории GitHub [6]. Для анализа использовались файлы `navigation.py` и `sensor_processing.cpp`, содержащие алгоритмы автономного передвижения и обработки данных с сенсоров.

Современные методы анализа надежности ПО включают моделирование отказов для прогнозирования их вероятности и выявления слабых мест. В работе Жаднова и соавторов отмечается, что для обеспечения высокой надежности сложных электронных систем необходимо использовать комплексный подход, включающий автоматизированный анализ отказов, мониторинг параметров надежности компонентов и применение программных средств оценки вероятности отказов. Авторы подчеркивают, что такие методы особенно актуальны для автономных систем, где традиционные методы испытаний не позволяют выявить все возможные сценарии отказов [4].

Анализ дерева отказов (Software Fault Tree Analysis, SFTA) используется для выявления логических взаимосвязей между сбоями в ПО. Он основан на построении дерева отказов, где вершины представляют собой возможные события, а ветви показывают их причинно-следственные связи. Этот метод позволяет определить наиболее уязвимые компоненты системы, а также выявить сочетания сбоев, которые могут привести к критическим отказам.

Метод SFMECA оценивает критичность отказов, анализируя их вероятность, последствия и устранение. Метод позволяет классифицировать отказы по степени их влияния на функциональность системы, что помогает разработчикам определить, какие компоненты требуют особого контроля и резервирования. Использование SFMECA актуально для автономных систем, где невозможны оперативные исправления после выхода ПО из строя.

В работе Конорева и соавторов отмечается, что такие подходы, как анализ дерева отказов (SFTA), анализ последствий отказов (SFMECA) и анализ операционных рисков (HAZOP), являются ключевыми инструментами для оценки безопасности программных систем в высокорисковых областях, включая аэрокосмическую и атомную отрасли. Авторы подчеркивают, что интеграция этих методов с процессами независимой верификации и квалификации ПО позволяет существенно снизить риски, связанные с остаточными дефектами программного обеспечения, и повысить уровень отказоустойчивости системы [5].

Марковские метод модели позволяет анализировать вероятность восстановления системы после отказа, а также прогнозировать время безотказной работы (Mean Time Between Failures – MTBF). Марковские модели учитывают динамическое изменение надежности, что важно для ПО с самовосстановлением.

Для оценки надежности программного обеспечения (ПО) автономных систем разработана вероятностная модель прогнозирования отказов, основанная на комбинированном применении аналитических методов. Данная модель позволяет выявлять потенциальные точки отказа, рассчитывать вероятность их возникновения и предлагать меры по повышению отказоустойчивости системы.

На первом этапе определяется структура ПО и выделяются ключевые функциональные компоненты, которые оказывают критическое влияние на работоспособность автономной системы. Анализируются возможные типы отказов и их влияние на функционирование системы, что позволяет установить потенциально уязвимые модули.

Далее производится выбор методов моделирования надежности. Анализ дерева отказов (SFTA) применяется для выявления логических взаимосвязей между отказами, что позволяет определить основные причины сбоев и их последствия. Метод анализа последствий отказов (SFMECA) используется для классификации отказов по уровню критичности и разработки стратегии их предотвращения. Марковские процессы применяются для моделирования вероятностных переходов между состояниями системы, позволяя оценить вероятность восстановления системы после сбоя и спрогнозировать среднее время безотказной работы (MTBF).

После выбора методов разрабатывается математическая модель, описывающая связи между компонентами ПО и возможные сценарии отказов. В рамках модели рассчитываются вероятности отказов отдельных модулей, а также их влияние на общее функционирование системы.

Заключительным этапом является проведение вычислительных экспериментов, направленных на анализ отказоустойчивости ПО. На основе полученных данных оценивается эффективность выбранных методов прогнозирования, а также разрабатываются рекомендации по повышению надежности автономных систем.

Результаты и обсуждение

Программное обеспечение (ПО) автономного марсохода OSR-Rover выполняет критически важные функции, обеспечивая управление, навигацию, обработку данных с сенсоров и связь с оператором. Для анализа надежности системы была проведена классификация отказов, выявлены наиболее уязвимые модули, а также определена частота возникновения сбоев (рисунок

1). ПО OSR-Rover включает в себя несколько ключевых функциональных модулей, от работоспособности которых зависит успешность выполнения миссии:

1. Модуль автономной навигации – отвечает за построение маршрута, избегание препятствий и движение к целевой точке.

2. Система обработки данных с сенсоров – включает модули сбора, фильтрации и анализа информации от камер, лидаров и других датчиков.

3. Система связи – обеспечивает передачу данных между марсоходом и наземным центром управления.

4. Алгоритмы автономного управления – регулируют выполнение задач без вмешательства оператора.



Рисунок 1 – Распределение отказов ПО по уровням критичности

Для оценки частоты отказов в ПО OSR-Rover использовались вероятностные модели, основанные на данных эксплуатационных испытаний и моделирования. Анализ показал, что наиболее уязвимые модули имеют следующие средние показатели отказов:

1. Модуль автономной навигации – 1 отказ на 50 км пробега, связанный с неверным построением маршрута или некорректным определением препятствий;

2. Система обработки данных с сенсоров – 1 отказ на 20 часов работы, вызванный ошибками в обработке изображений и данных с лидаров;

3. Система связи – 1 отказ на 30 часов работы, связанный с временной потерей сигнала или ошибками в передаче данных;

4. Алгоритмы автономного управления – 1 критический отказ на 100 часов работы, влияющий на корректность выполнения поставленных задач.

Частота отказов оценивалась путем регистрации сбойных событий, расчета интенсивности отказов (λ) и моделирования вероятностей по экспоненциальному распределению $P(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$, что позволило определить MTBF и вероятность сбоев за 30 дней.

Дальнейший анализ направлен на разработку мер по минимизации их отказов и повышению общей отказоустойчивости системы. Для оценки надежности ПО OSR-Rover применялись вероятностные методы, выявляющие уязвимые компоненты и вероятность отказов. В качестве основных подходов применялись анализ дерева отказов (SFTA), метод анализа последствий отказов (SFMECA) и моделирование надежности с использованием Марковских процессов.

Основной целью являлось определение комбинаций отказов, которые могут привести к полному выходу из строя программного обеспечения. Определены ключевые события, приводящие к отказам, а также их возможные причины, такие как ошибки в обработке данных, сбои в передаче команд и некорректная работа сенсоров (рисунок 2).



Рисунок 2 – Дерево отказов ПО OSR-Rover (анализ методом SFTA)

Для каждого возможного сбоя была проведена оценка вероятности возникновения, степени влияния на общую работоспособность системы и потенциальных мер по снижению риска отказов. Таблица 1 содержит результаты анализа последствий отказов ПО OSR-Rover методом SFMECA, где указаны частота возникновения ошибок, их влияние на систему и вероятность восстановления.

Таблица 1 – Анализ последствий отказов ПО OSR-Rover (SFMECA).

Система	Ошибка	Частота (%)	Влияние	Восстановление (%)
Обработка данных с сенсоров	Некорректные данные	15	Потеря ориентации	70
Навигационная система	Ошибки маршрутизации	10	Выход за границы маршрута	60
Система связи	Потеря связи	20	Отключение дистанционного управления	50
Алгоритмы автономного управления	Непредсказуемое движение	12	Опасные маневры	40
Управление питанием	Перезагрузка системы	8	Замедление (прекращение) всех процессов	80

В результате анализа было выявлено, что наибольший риск связан с отказами навигационного модуля и системы обработки данных с сенсоров. Ошибки в навигации могут привести к потере управления, а некорректная обработка информации с датчиков – к принятию неверных решений. Для снижения вероятности отказов предложены меры по резервированию критических функций и улучшению алгоритмов адаптивной коррекции данных.

Были рассмотрены три основных состояния: работоспособное, частично деградированное и состояние полного отказа. Построена схема вероятностных переходов отказов ПО OSR-Rover, построенная с использованием модели Марковских процессов. Она отражает вероятность перехода системы из одного состояния в другое.

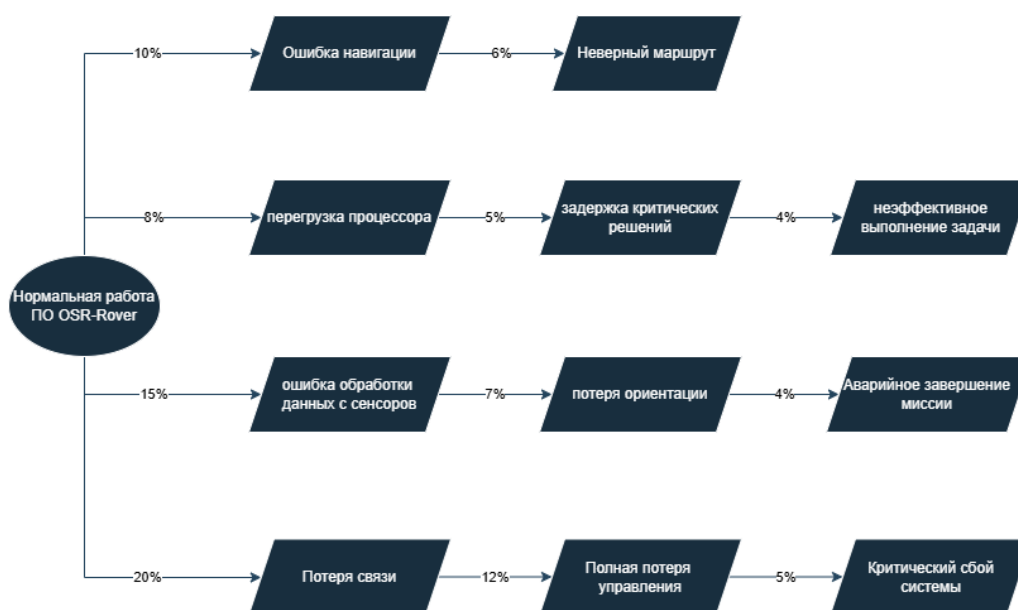


Рисунок 3 – Вероятностные переходы отказов ПО OSR-Rover (модель Марковских процессов)

На основе анализа 10 000 моделированных циклов работы OSR-Rover получено MTBF = 1189 часов, а вероятность отказа за 30 дней ($P = 5,2\%$) рассчитана по экспоненциальной модели отказов. Полученные результаты подтверждают, что система обладает высокой вероятностью частичного восстановления после сбоя, однако критические отказы требуют внешнего вмешательства.

Построение дерева отказов помогло структурировать возможные сбои, метод SFMECA дал возможность оценить критичность отказов, а Марковские процессы позволили спрогнозировать вероятность выхода системы из строя в заданный временной период. Анализ показал, что наибольшему риску подвержены модули автономной навигации, обработки данных и алгоритмы управления.

В ходе исследования для расчета MTBF использовались вероятностные модели, включая Марковские процессы и статистический анализ отказов ПО OSR-Rover. Данные о частоте отказов различных программных модулей были получены на основе эксплуатационных испытаний и моделирования сценариев отказов (рисунок 4).

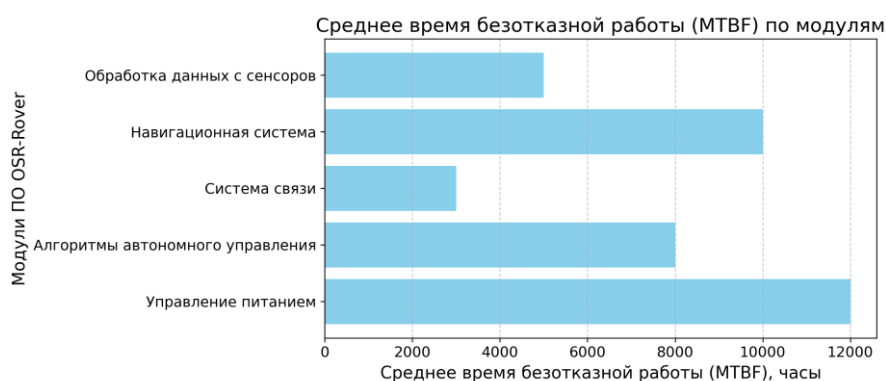


Рисунок 4 – Среднее время безотказной работы (MTBF) различных модулей ПО OSR-Rover

Полученные значения MTBF свидетельствуют о достаточно высокой надежности ПО OSR-Rover, но указывают на необходимость дальнейшей оптимизации алгоритмов обработки данных и навигации. Для повышения показателя MTBF могут быть предложены следующие меры:

1. Резервирование программных компонентов – дублирование критически важных алгоритмов для минимизации рисков отказов;
2. Оптимизация обработки данных с сенсоров – улучшение фильтрации и алгоритмов самокоррекции ошибок;
3. Совершенствование алгоритмов автономной навигации – разработка адаптивных механизмов обработки маршрута и обхода препятствий.

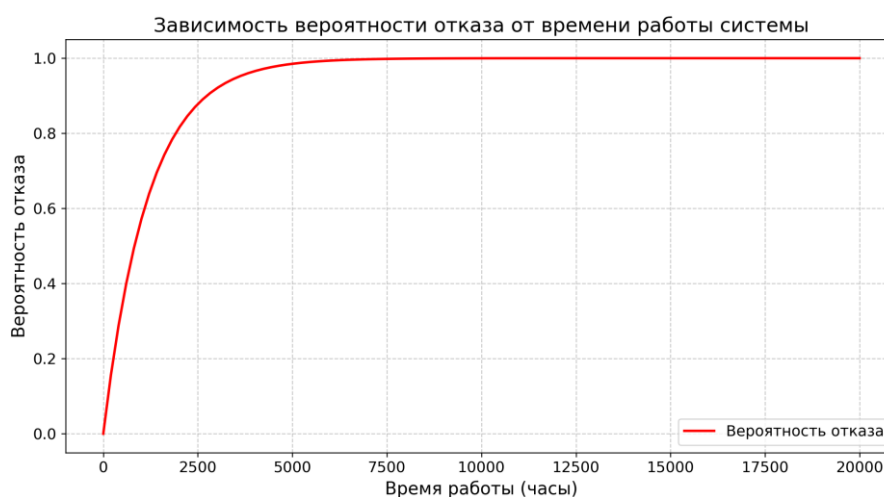


Рисунок 5 – Вероятность отказа ПО OSR-Rover в зависимости от времени работы

Анализ надежности ПО OSR-Rover выявил наиболее уязвимые модули, требующие доработки. Наибольшему риску подвержен модуль обработки данных с сенсоров, так как ошибки в нем могут привести к некорректной интерпретации окружающей среды. Для повышения надежности необходимы алгоритмы самодиагностики и резервирования.

Навигационная система критична для автономного передвижения, а ее сбои могут привести к неверным маршрутам. Улучшение возможно за счет адаптивных алгоритмов управления и прогнозирования сложных участков. Разрывы связи снижают управляемость аппарата. Для минимизации отказов рекомендуется резервирование каналов передачи данных. Алгоритмы автономного управления могут приводить к некорректным решениям. Их надежность можно повысить с помощью гибридных стратегий планирования и прогнозных алгоритмов.

Для отказоустойчивости ПО нужны оптимизация, резервирование и адаптивные алгоритмы. Моделирование подтвердило важность резервирования, адаптации алгоритмов и улучшения обработки данных. Вероятностные модели позволяют заранее разрабатывать стратегии минимизации отказов. Их применение особенно важно для автономных систем, где оперативное устранение сбоев невозможно.

Результаты анализа надежности ПО OSR-Rover позволяют сформулировать ключевые рекомендации для повышения отказоустойчивости системы. Дублирование критически важных функций, таких как навигация и обработка данных с сенсоров, снизит риск отказов за счет автоматического переключения на резервные процессы при обнаружении сбоев. Дополнительно рекомендуется оптимизация обработки данных с применением адаптивных алгоритмов коррекции ошибок. Это позволит минимизировать влияние ложных срабатываний сенсоров и улучшить качество навигации в сложных условиях.

Заключение

В ходе исследования была проведена оценка надежности программного обеспечения OSR-Rover с использованием вероятностных методов. Анализ показал, что наиболее уязвимыми являются модули обработки данных с сенсоров, навигации и связи, а среднее время безотказной работы (MTBF) составляет 1189 часов.

Основные рекомендации включают резервирование алгоритмов, адаптацию обработки данных и внедрение многоуровневого контроля связи. Для дальнейшего повышения надежности перспективным направлением является использование методов машинного обучения. Они могут быть применены для прогнозирования отказов в реальном времени, улучшения автономных решений и оптимизации работы программных алгоритмов. Предложенные меры повысят надежность автономных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Северцев Н. А. Модели программного обеспечения в безопасном и надежном функционировании сложной космической системы // Надежность и качество сложных систем. – 2019. – №4 (28) – С. 5-12.
2. Патраев В. Е., Максимов Ю. В. Методы обеспечения надежности бортовой аппаратуры космических аппаратов длительного функционирования // Известия вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51, № 8. – С. 6-12.
3. Василенко Н. В., Макаров В. А. Модели оценки надежности программного обеспечения // Вестник Новгородского государственного университета. – 2004. – № 28. – С. 126-132.
4. Жаднов В. В., Авдеев Д. К., Кулыгин В. Н., Полесский С. Н., Тихменев А. Н. Информационная технология обеспечения надежности сложных электронных средств военного и специального назначения // Компоненты и технологии. – 2011. – № 6. – С. 168-174.
5. Конорев Б.М., Алексеев Ю.Г., Сергиенко В.В., Харченко В.С., Чертков Г.Н. Целевая технология рентабельной оценки надежности и функциональной безопасности критического программного обеспечения // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2007. – № 6 (25). – С. 162-170.
6. NASA JPL. "OSR-Rover Code." GitHub, 2025. [Электронный ресурс]: <https://github.com/nasa-jpl/osr-rover-code> (дата обращения: 10.11.2024).

АВТОНОМДЫ ҒАРЫШТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҒУЫН БОЛЖАУ ӘДІСТЕРІН БАҒАЛАУ

Койчубаев Р.Е.

Аңдатпа: Мақалада автономды ғарыштық жүйелердің бағдарламалық жасақтаманың (БЖ) істен шығуын болжау әдістері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі шектеулі техникалық қызмет көрсету жағдайында жұмыс істейтін бағдарламалық жасақтаманың сенімділігін арттыру қажеттілігіне байланысты. Жұмыстың мақсаты – істен шығу жағдайындағы стохастикалық сипатын ескере отырып, олардың ықтималдық моделін құру. Әдіс ретінде істен шығу ағашын талдау (SFTA), істен шығу салдарын талдау (SFMECA) және Марков процестері қолданылады. Талдау негізінде автономды жүйелердің істен шығу төзімділігін арттыруға бағытталған шаралар ұсынылады, соның ішінде маңызды функцияларды резервтеу, деректерді өңдеудің адаптивті алгоритмдері және сенімділікті бақылау стратегиялары қарастырылады. Болашақ зерттеулердің келешегі бар бағыты ретінде істен шығу жағдайларын динамикалық болжау және бағдарламалық жүйелердің сенімділігін оңтайландыру үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану қарастырылады.

Түйін сөздер: істен шығуды болжау, бағдарламалық жасақтаманың сенімділігі, автономды жүйелер, SFTA, SFMECA, Марков процестері, OSR-Rover.

EVALUATION OF SOFTWARE FAILURE PREDICTION METHODS FOR AUTONOMOUS SPACE SYSTEMS

Koichubayev.R.E.

Abstract: The paper examines methods for predicting software (SW) failures in autonomous space systems. The relevance of the study is driven by the need to enhance the reliability of software operating under limited maintenance conditions. The objective of this work is to develop a probabilistic failure prediction model that accounts for the stochastic nature of faults. The applied methods include Software Fault Tree Analysis (SFTA), Software Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis (SFMECA), and Markov processes. Based on the conducted analysis, measures to improve the fault tolerance of autonomous systems are proposed, including critical function redundancy, adaptive data processing algorithms, and reliability control strategies. A promising direction for future research is the application of machine learning methods for dynamic failure prediction and software system reliability optimization.

Keywords: failure prediction, software reliability, autonomous systems, SFTA, SFMECA, Markov processes, OSR-Rover.

БАҒДАРЛАМАДА ӘРТҮРЛІ КИБЕРШАБУЫЛДАРДЫҢ ТӘУЕКЕЛ ДЕҢГЕЙІН ЕСЕПТЕУ

Маусымбекова Ж.Ж. , **Исмаил Е.Е.** 

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» КЕАҚ,

050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтурсынұлы к-ші, 126/1

E-mail: zh.maussymbekova@aes.kz

Аңдатпа: Бұл бағдарлама кибершабуылдардың тәуекел деңгейін есептеуге және пайдаланушыларға қауіп-қатерді бағалауға көмектесуге арналған. Бағдарламада графикалық интерфейс қарастырылған, ол пайдаланушыларға қолжетімді және ыңғайлы жұмыс істеу мүмкіндігін береді.

Пайдаланушы бағдарламаны іске қосқаннан кейін, шабуыл түрін таңдау, қорғаныс деңгейін, анықтау кешігуін және реакция уақытын енгізу мүмкіндігіне ие болады. Осы параметрлерді ескере отырып, бағдарлама тәуекел деңгейін есептейді және нәтижені экранда көрсетеді.

Бұл құрал ақпараттық қауіпсіздік саласындағы мамандарға, ұйымдардың IT қауіпсіздік бөлімдеріне және жеке пайдаланушыларға өз жүйелерінің осалдықтарын бағалау және тиісті қорғаныс шараларын қабылдау үшін пайдалы. Сонымен қатар, бағдарлама кибершабуылдардың ықтималдығын төмендету және алдын алу шараларын жоспарлау үшін қолданылуы мүмкін.

Кілттік сөздер: Кибершабуыл, ғарыштық аппарат, тауекел, бағдарлама, қауіпсіздік.

Кіріспе

Python тілінде жазылған және tkinter кітапханасын қолдана отырып, графикалық интерфейс ті құрайды. Бағдарлама әртүрлі кибершабуылдардың тәуекел деңгейін есептеуге арналған. Қолданушы шабуыл түрін таңдап, қорғаныс деңгейін, анықтау кешігуін және әрекет ету уақытын енгізе алады. Соңында бағдарлама тәуекел деңгейін есептеп, нәтижені көрсетеді.

Бұл код кибершабуылдар тәуекелін есептеуге арналған:

1. Деректер базасы (shabuy_l_derekeri)

```
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox
```

Шабуылдар туралы деректер.

```
shabuy_l_derekeri = {
```

```
    "DoS (Қызмет көрсетуден бас тарту)": (8, 7, "Нысан шамадан тыс сұраныстармен жүктелетін шабуыл."),
```

"MITM (Аралықтағы адам шабуылы)": (6, 9, "Зиянкестер тараптар арасындағы хабарламаларды ұстап қалатын шабуыл."),

"SQL-инъекция": (4, 6, "Дерекқорларға рұқсатсыз қол жеткізуге бағытталған шабуыл."),

}

Бұл бөлімде шабуылдар түрлеріне қатысты мәліметтер сақталған:

- "DoS", "MITM", "SQL-инъекция" деген шабуыл түрлері көрсетілген.

- Әр шабуылға үш мән тағайындалған:

ықтималдық (мысалы, 8 DoS үшін),

маңыздылық (мысалы, 7 DoS үшін), сипаттама.

```
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox

# Шабуылдар туралы деректер
shabuyl_derektleri = {
    "DoS (Қызмет көрсетуден бас тарту)": (8, 7, "Нысан нападены тыс сұраныстармен жүктелетін шабуыл."),
    "MITM (Аралықтағы адам шабуылы)": (6, 9, "Зиянкестер тараптар арасындағы хабарламаларды ұстап қалатын шабуыл."),
    "SQL-инъекция": (4, 6, "Дерекқорларға рұқсатсыз қол жеткізуге бағытталған шабуыл."),
    "Басқа": (5, 5, "Жаппар және алуантүрлі инженерия сияқты басқа шабуылдар."),
}
```

2.1 сурет - Деректер базасы.

2. Тәуекел деңгейін есептейтін функция (calculate_risk)

```
def tauykel_esep-teu(shabuyl_turi, korganis_dengeyi, anyktau_kezigi,
reaktsiya_uakyty):
```

```
    yk-tim-dilik, kritikalyk, _ = shabuyl_derektleri[shabuyl_turi]
```

```
    yk-tim-dilik *= (1 - korganis_dengeyi)
```

```
    anyktau_ulyesi, reaktsiya_ulyesi = 0.2, 0.3
```

```
    kritikalyk *= (1 + anyktau_ulyesi * anyktau_kezigi + reaktsiya_ulyesi *
reaktsiya_uakyty)
```

```
    tauykel = yk-tim-dilik * kritikalyk
```

```
    return tauykel
```

```
# Тәуекелді есептеу функциясы
def tauykel_esep-teu(shabuyl_turi, korganis_dengeyi, anyktau_kezigi, reaktsiya_uakyty):
    yk-tim-dilik, kritikalyk, _ = shabuyl_derektleri[shabuyl_turi]
    yk-tim-dilik *= (1 - korganis_dengeyi)
    anyktau_ulyesi, reaktsiya_ulyesi = 0.2, 0.3
    kritikalyk *= (1 + anyktau_ulyesi * anyktau_kezigi + reaktsiya_ulyesi * reaktsiya_uakyty)
    tauykel = yk-tim-dilik * kritikalyk
    return tauykel
```

2.2 сурет - Тәуекел деңгейін есептейтін функция.

Бұл функцияның міндеті – тәуекел деңгейін есептеу.

3. "Есептеу" батырмасының әрекеті.

```
def esep-teu_basu():
```

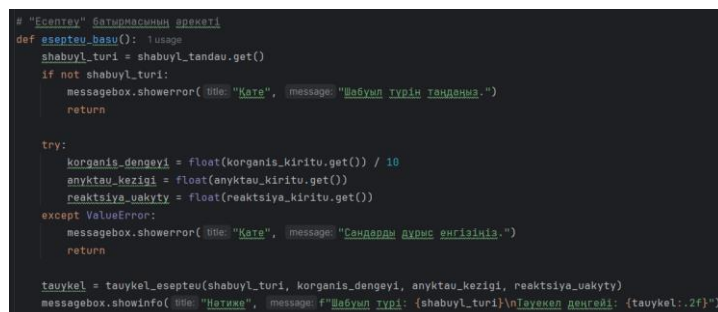
```

shabuyl_turi = shabuyl_tandau.get()
if not shabuyl_turi:
    messagebox.showerror("Қате", "Шабуыл түрін таңдаңыз.")
    return

try:
    korganis_dengeyi = float(korganis_kiritu.get()) / 10
    anyktau_kezigi = float(anyktau_kiritu.get())
    reaksiya_uakyty = float(reaktsiya_kiritu.get())
except ValueError:
    messagebox.showerror("Қате", "Сандарды дұрыс енгізіңіз.")
    return

tauykel = tauykel_esepeteu(shabuyl_turi, korganis_dengeyi, anyktau_kezigi,
reaktsiya_uakyty)
messagebox.showinfo("Нәтиже", f"Шабуыл түрі: {shabuyl_turi}\nТәуекел деңгейі: {tauykel:.2f}")

```



```

# "Есептеу" батырмасының әрекеті
def esepeteu():
    usage
    shabuyl_turi = shabuyl_tandau.get()
    if not shabuyl_turi:
        messagebox.showerror(title="Қате", message="Шабуыл түрін таңдаңыз.")
        return

    try:
        korganis_dengeyi = float(korganis_kiritu.get()) / 10
        anyktau_kezigi = float(anyktau_kiritu.get())
        reaksiya_uakyty = float(reaktsiya_kiritu.get())
    except ValueError:
        messagebox.showerror(title="Қате", message="Сандарды дұрыс енгізіңіз.")
        return

    tauykel = tauykel_esepeteu(shabuyl_turi, korganis_dengeyi, anyktau_kezigi, reaksiya_uakyty)
    messagebox.showinfo(title="Нәтиже", message=f"Шабуыл түрі: {shabuyl_turi}\nТәуекел деңгейі: {tauykel:.2f}")

```

2.3 сурет - "Есептеу" батырмасының әрекеті..

1. Шабуыл түрін таңдайды (attack_var.get()).
2. Пайдаланушы енгізген мәндерді қорғаныс деңгейі, анықтау кешігуі, және реакция уақыты үшін алады.
3. Дұрыс емес дерек енгізілсе, қате туралы хабарлама шығарады (messagebox.showerror).
4. Есептелген тәуекелді көрсетеді (messagebox.showinfo).

4.Нұсқау көрсету функциясы.

```

def nuskaular():
    nuskaulyk = (

```

"1. Есептеудің мақсаты: Бұл бағдарлама белгілі бір киберқауіпсіздік шабуылдарының тәуекел деңгейін есептеу үшін қажет.\n"

"2. Есептеу моделі: Тәуекелді бағалау моделі қолданылады.\n"

"3. Есептеу алгоритмі: Шабуыл түрін таңдау, деректерді енгізу, есептеу жүргізу.\n"

"4. Бағдарламалау тілі: Python үйлесімдігі.\n"

"5. Есептеу нәтижелері: Алынған мәліметтер талданады.\n"

)

messagebox.showinfo("Нұсқау", nuskaulyk)

```
# Нұсқау көрсету функциясы
def nuskaulyk():
    usage
    nuskaulyk = (
        "1. Есептеудің мақсаты: Бұл бағдарлама белгілі бір киберқауіпсіздік шабуылдарының тәуекел деңгейін есептеу үшін қажет.\n",
        "2. Есептеу моделі: Тәуекелді бағалау моделі қолданылады.\n",
        "3. Есептеу алгоритмі: Шабуыл түрін таңдау, деректерді енгізу, есептеу жүргізу.\n",
        "4. Бағдарламалау тілі: Python үйлесімдігі.\n",
        "5. Есептеу нәтижелері: Алынған мәліметтер талданады.\n"
    )
    messagebox.showinfo("Нұсқау", nuskaulyk)
```

2.4 сурет - Нұсқау көрсету функциясы.

5. Графикалық интерфейсті құру.

Негізгі терезені құру

tereze = tk.Tk()

tereze.title("Шабуыл тәуекелін есептеу")

tereze.geometry("500x500")

Шабуыл түрін таңдау үшін метка мен мәзір

shabuyl_belgi = tk.Label(tereze, text="Шабуыл түрін таңдау:")

shabuyl_belgi.pack(pady=5)

shabuyl_tandau = tk.StringVar()

shabuyl_menu = tk.OptionMenu(tereze, shabuyl_tandau,

*shabuyl_derekeri.keys())

shabuyl_menu.pack(pady=5)

Қорғаныс деңгейін енгізу

korganis_belgi = tk.Label(tereze, text="Қорғаныс деңгейі (0-10):")

korganis_belgi.pack(pady=5)

korganis_kiritu = tk.Entry(tereze)

korganis_kiritu.pack(pady=5)

```

# Анықтау кешігуін енгізу
anyktau_belgi = tk.Label(tereze, text="Анықтау кешігуі (секунд):")
anyktau_belgi.pack(pady=5)

anyktau_kiritu = tk.Entry(tereze)
anyktau_kiritu.pack(pady=5)

# Реакция уақытын енгізу
reaktsiya_belgi = tk.Label(tereze, text="Реакция уақыты (секунд):")
reaktsiya_belgi.pack(pady=5)

reaktsiya_kiritu = tk.Entry(tereze)
reaktsiya_kiritu.pack(pady=5)

# "Тәуекелді есептеу" батырмасы
esepteu_batyrma = tk.Button(tereze, text="Тәуекелді есептеу",
command=esepteu_basu)
esepteu_batyrma.pack(pady=10)

```

```

# Негізгі терезені құру
tereze = tk.Tk()
tereze.title("Шабұл тәуекелін есептеу")
tereze.geometry("500x500")

# Шабұл түрін таңдау үшін метка мен мәзір
shabul_belgi = tk.Label(tereze, text="Шабұл түрін таңдау:")
shabul_belgi.pack(pady=5)

shabul_tandau = tk.StringVar()
shabul_menu = tk.OptionMenu(tereze, shabul_tandau, *values: *shabul_derekeri.keys())
shabul_menu.pack(pady=5)

# Корғаныс деңгейін енгізу
korganis_belgi = tk.Label(tereze, text="Корғаныс деңгейі (0-10):")
korganis_belgi.pack(pady=5)

korganis_kiritu = tk.Entry(tereze)
korganis_kiritu.pack(pady=5)

# Анықтау кешігуін енгізу
anyktau_belgi = tk.Label(tereze, text="Анықтау кешігуі (секунд):")
anyktau_belgi.pack(pady=5)

anyktau_kiritu = tk.Entry(tereze)
anyktau_kiritu.pack(pady=5)

# Реакция уақытын енгізу
reaktsiya_belgi = tk.Label(tereze, text="Реакция уақыты (секунд):")
reaktsiya_belgi.pack(pady=5)

reaktsiya_kiritu = tk.Entry(tereze)
reaktsiya_kiritu.pack(pady=5)

# "Тәуекелді есептеу" батырмасы
esepteu_batyrma = tk.Button(tereze, text="Тәуекелді есептеу", command=esepteu_basu)
esepteu_batyrma.pack(pady=10)

```

2.5 сурет - Графикалық интерфейсті құру.

6. "Нұсқау" батырмасы.

```
nuska_batyrma = tk.Button(terezhe, text="Нұсқау", command=nuskaular)
```

nuska_batyrma.pack(pady=5)

```
# "Нұсқау" батырмасы
nuska_batyrma = tk.Button(tereze, text="Нұсқау", command=nuskaular)
nuska_batyrma.pack(pady=5)
```

2.6 сурет - "Нұсқау" батырмасы.

5. Бағдарламаны іске қосу.

tereze.mainloop()

```
# Бағдарламаны іске қосу
tereze.mainloop()
```

2.7 сурет - Бағдарламаны іске қосу.

Бұл бағдарлама терезесін ашып, пайдаланушының әрекеттерін күтеді.

Жалпы логика.

1. Пайдаланушы шабуыл түрін таңдап, қажетті параметрлерді енгізеді.
2. "Рассчитать уровень риска" түймесін басқанда, бағдарлама тәуекелді есептейді.
3. Есептеу нәтижесі қалқымалы терезеде көрсетіледі.
4. Қажет болса, "Нұсқау" түймесі арқылы бағдарламаның түсіндірмесін оқуға болады.

Бағдарламаға арналған математикалық формулалары.

1. Ықтималдықты түзету формуласы

Берілген:

- P_0 — шабуылдың бастапқы ықтималдығы (берілген деректерден алынады).
- D — қорғаныс деңгейі (0-ден 1-ге дейін масштабталады: пайдаланушы енгізетін мәнді 10-ға бөлу арқылы).

Түзетілген ықтималдық (P):

$$P = P_0 \cdot (1 - D)$$

- Қорғаныс деңгейі неғұрлым жоғары ($D \rightarrow 1$), ықтималдық (P) соғұрлым төмендейді.

- Қорғаныс деңгейі өте төмен ($D \rightarrow 0$), ықтималдық (P) бастапқы мәнге (P_0) жақындайды.

2. Маңыздылықты түзету формуласы

Берілген:

- C_0 — шабуылдың бастапқы маңыздылығы (берілген деректерден алынады).

- W_d — анықтау кешігуінің коэффициенті (құны: 0.20.2).

- W_r — реакция уақытының коэффициенті (құны: 0.30.3).

- T_d — анықтау кешігуі (пайдаланушы енгізеді, секунд).

- T_r — реакция уақыты (пайдаланушы енгізеді, секунд).

Түзетілген маңыздылық (C):

$$C = C_0 \cdot (1 + W_d \cdot T_d + W_r \cdot T_r)$$

- Егер анықтау кешігуі (T_d) және реакция уақыты (T_r) жоғары болса, жалпы маңыздылық (C) өседі.

- Кешігу немесе жауап беру уақыты нөлге тең ($T_d = 0, T_r = 0$) болғанда, маңыздылық (C) бастапқы маңыздылыққа (C_0) тең болады.

3. Тәуекел деңгейін есептеу формуласы

Берілген:

- P — түзетілген ықтималдық (1-формуладан алынады).

- C — түзетілген маңыздылық (2-формуладан алынады).

Тәуекел деңгейі (RR):

$$R = P \cdot C$$

- Ықтималдық (PP) және маңыздылық (CC) екеуі де жоғары болса, тәуекел деңгейі (RR) айтарлықтай жоғары болады.

- Егер ықтималдық немесе маңыздылықтың бірі төмен болса, тәуекел деңгейі де төмен болады.

Мысалдармен бірге нақты формула қолдану:

Мысал берілген мәндер:

- Шабуыл түрі: DoS.
- Бастапқы ықтималдық: $P_0 = 8$.
- Бастапқы маңыздылық: $C_0 = 7$.
- Қорғаныс деңгейі: $D = \frac{7}{10} = 0.7$.
- Анықтау кешігуі: $T_d = 3$ секунд.
- Реакция уақыты: $T_r = 2$ секунд.
- Коэффициенттер: $W_d = 0.2, W_r = 0.3$

1. Ықтималдықты есептеу:

$$P = P_0 \cdot (1 - D) = 8 \cdot (1 - 0.7) = 2.4$$

2. Маңыздылықты есептеу:

$$C = C_0 \cdot (1 + W_d \cdot T_d + W_r \cdot T_r) = 7 \cdot (1 + 0.6 + 0.6) = 15.4$$

3. Тәуекел деңгейін есептеу:

$$R = P \cdot C = 2.4 \cdot 15.4 = 36.96$$

Қорытынды формулалар тізімі:

1. Ықтималдықты түзету:

$$P = P_0 \cdot (1 - D)$$

2. Маңыздылықты түзету:

$$C = C_0 \cdot (1 + W_d \cdot T_d + W_r \cdot T_r)$$

3. Тәуекел деңгейі:

$$R = P \cdot C$$

Бұл формулалар қорғаныс деңгейінің, анықтау кешігуінің және әрекет ету уақытының тәуекелге қалай әсер ететінін түсінуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Қызмет көрсетуден бас тарту (Denial of Service, DoS) — бұл желіде немесе жүйеде қызмет көрсетуді бұғаттау арқылы пайдаланушыларға қызмет көрсетуге кедергі жасайтын шабуыл түрі. Мұндай шабуыл жүйенің ресурстарын шамадан тыс пайдалану немесе қызмет көрсетуге мүмкіндік бермейтін басқа әдістер арқылы жүзеге асырылады.

DoS шабуылының негізгі ерекшеліктері:

1. Ресурстарды сарқып тастау:

- Процессор қуатын, жадты немесе желі өткізу қабілетін шамадан тыс пайдалануға мәжбүрлеу.

- Бұл әрекет жүйені немесе желіні дұрыс жұмыс істей алмайтын жағдайға әкеледі.

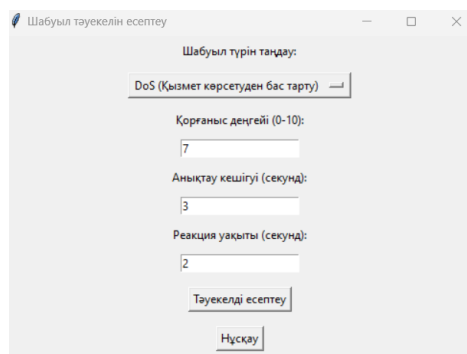
2. Сервистердің қолжетімсіздігі:

- Қолданушылар веб-сайттарға, қолданбаларға немесе басқа сервистерге қосыла алмайды.

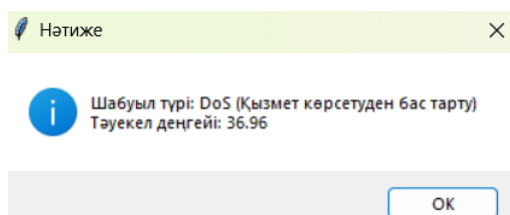
3. Шабуылдың жалғыз көзі:

- DoS шабуылдары әдетте бір ғана құрылғыдан немесе IP мекенжайдан жасалады.

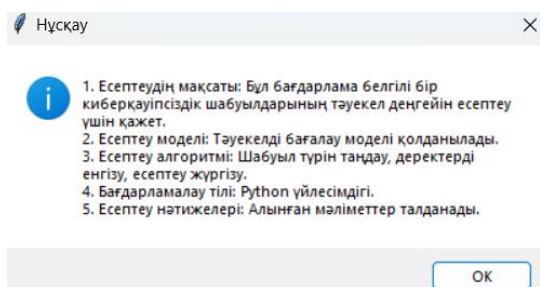
2.8 сурет - Шабуыл жасау қаупін есептеу.



2.9 сурет – Шамаларын беру.



2.10 сурет – Нәтиже.



2.11 сурет – Нұсқау.

MITM (Man-in-the-Middle) немесе «ортада адам» шабуылы — бұл ақпараттық қауіпсіздікті бұзудың бір түрі, мұнда шабуылдаушы екі тараптың арасындағы байланысқа араласып, олардың арасындағы деректерді ұстап, өзгертіп немесе көріп отыра алады. Бұл шабуыл түрі коммуникацияны қорғау үшін пайдаланылатын шифрлау немесе аутентификация механизмдерінің дұрыс қолданылмауын пайдаланады.

MITM қалай жұмыс істейді?

1. Байланысты ұстап алу: Шабуылдаушы құрылғылар арасында деректер алмасатын арнаны (мысалы, Wi-Fi немесе желі байланысы) бақылайды. Ол үшін DNS spoofing, ARP poisoning немесе жалған Wi-Fi нүктелері сияқты әдістер қолданылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Уильям Столлингс – "Криптография және желілік қауіпсіздік: Принциптер мен тәжірибе"
2. Қазақ энциклопедиясы – "Ақпараттық қауіпсіздік".
3. Т. Қоңырбаев – "Ақпараттық қауіпсіздік және криптография".
4. Росс Андерсон – "Қауіпсіздік инженериясы: Сенімді таратылған жүйелерді құруға арналған нұсқаулық".
5. Қ. Жақыпов, Б. Бөрібаев – "Компьютерлік желілер және қауіпсіздік".
6. "Қазақстандағы ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мәселелері".
7. Брюс Шнайер – "Қолданбалы криптография".
8. "Киберқауіпсіздік және ақпараттық технологиялар: Қазақстандағы жағдай"
9. "Қазақстан Республикасының Киберқауіпсіздік тұжырымдамасы" («Киберқалқан – 2022»).
10. "Қазақстан Республикасының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету туралы" ҚР Заңы.

РАСЧЕТ УРОВНЯ РИСКА РАЗЛИЧНЫХ КИБЕРАТАК **Маусымбекова Ж.Ж., Исмаил Е.Е.**

Аннотация. Данная программа предназначена для расчета уровня риска кибератак и помогает пользователям оценивать степень угроз. В программе предусмотрен графический интерфейс, обеспечивающий доступность и удобство работы.

После запуска программы пользователь получает возможность выбрать тип атаки, указать уровень защиты, задержку обнаружения и время реакции. Учитывая эти параметры, программа рассчитывает уровень риска и отображает результат на экране.

Этот инструмент полезен для специалистов в области информационной безопасности, отделов ИТ-безопасности организаций, а также частных пользователей, желающих оценить уязвимость своих систем и принять соответствующие защитные меры. Кроме того, программа может использоваться для снижения вероятности кибератак и планирования превентивных мер.

Ключевые слова: Кибератака, космический аппарат, риск, программа, безопасность.

CALCULATION OF CYBER ATTACK RISK LEVELS **Maussymbekova Z.Z., Ismail E.E.**

Abstract. This program is designed to calculate the risk level of cyber attacks and assist users in assessing potential threats. The program features a graphical user interface that ensures accessibility and ease of use.

After launching the program, users can select the type of attack, specify the security level, detection delay, and response time. Based on these parameters, the program calculates the risk level and displays the result on the screen.

This tool is useful for cybersecurity professionals, IT security departments of organizations, and individual users who want to assess their system vulnerabilities and implement appropriate protective measures. Additionally, the program can be used to reduce the likelihood of cyber attacks and plan preventive actions.

Keywords: Cyberattack, spacecraft, risk, program, security.

УДК

ЖЕТУ ҚИЫН АЙМАҚТАРДА ТҰРАҚТЫ СПУТНИКТІК БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ

Д.Б.Төребай , А.Нурланкызы 

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» КЕАҚ,

050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтурсынұлы к-ші, 126/1

E-mail: d.torebay@aes.kz

Андатпа: Бұл мақалада жету қиын және шалғай аймақтарда тұрақты және тиімді байланысты қамтамасыз ету үшін және мәселесін шешуге бағытталған төмен орбиталық спутниктік байланыс жүйелерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыс барысында орбитаның көлбеуі сияқты бірқатар негізгі орбиталық конфигурация параметрлерінің әсерін егжей-тегжейлі зерттеу жүргізілді (50° , 55° , 65°), орбитаның биіктігі (1000 км) және шоқжұлдыздағы спутниктердің саны (6, 8 және 12). Бұл параметрлер сапалы байланысты қамтуды қамтамасыз етуде және шалғай аудандардағы байланыс үзілістерін азайтуда шешуші рөл атқарады. Модельдеу Ansys STK бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды, ол қамту аймақтарын, спутниктерге қол жеткізу уақытын және байланыс мүмкін емес кезеңдерді (байланыссыз интервалдар) дәл талдауға мүмкіндік береді. Талдау үшін екі жерүсті станциясы таңдалды: бірі Маңғыстау облысында ($44,2^\circ$ с.е., $51,2^\circ$ б.б), екіншісі — Қазақстанның солтүстік далаларында (53° с.е., 63° б.б). Модельдеу нәтижелері спутниктер санын оңтайландыру және орбиталық көлбеуді дұрыс таңдау қамту сапасын едәуір арттыратынын және байланыссыз кезеңдердің ұзақтығын төмендететінін көрсетті. Мақала цифрлық теңсіздікті азайту және шалғай алыс мекендерде және жету қиын аймақтарда сенімді байланысты қамтамасыз ету үшін LEO спутниктік жүйелерін пайдаланудың өзектілігі мен маңыздылығын көрсетеді.

Кілтті сөздер: төмен орбиталық спутниктік жүйелер, қол жетпейтін аймақтардағы байланыс, орбиталық конфигурация, қамту аймақтары, Ansys STK, цифрлық теңсіздік.

Кіріспе

Ақпараттық технологиялардың қарқынды даму дәуірінде спутниктік байланыс жүйелері жаһандық телекоммуникациялық инфрақұрылымның негізгі элементіне айналууда. Олар әсіресе жер үсті желілері сияқты дәстүрлі байланыс әдістері тиімсіз немесе қол жетімсіз болып табылатын қол жетімді емес аймақтар үшін өте маңызды. Спутниктік технологияларды дамыту арқылы интернетке, қашықтықтан оқытуға және қазіргі қоғамға қажет басқа да маңызды қызметтерге қол жетімділікті қамтамасыз ету мүмкіндіктері ашылады [1; 2].

Төмен орбиталық спутниктік жүйелер (LEO) өздерінің ерекше артықшылықтарымен ерекшеленеді. Геоостационарлық спутниктерден (GEO) айырмашылығы, олар сигналдың аз кідірісін, жоғары өткізу қабілеттілігін

және жоғары ендіктерде жақсы қамтуды қамтамасыз етеді. Бұл сипаттамалар LEO жүйелерін шалғай және халқы аз аудандарда байланысты дамытудың перспективалы шешіміне айналдырады [3; 4]. Мұндай жүйелер ақпаратқа әмбебап қол жеткізуге және байланыс сапасын жақсартуға ықпал ететін азаматтық және әскери салаларда қолданылады [5].

Қолданыстағы жетістіктерге қарамастан, бұл сала көптеген шешілмеген міндеттерге байланысты зерттеулер үшін өзекті болып қала береді. Олардың ішінде орбиталық параметрлерді оңтайландыруды, байланыссыз аралықтарды азайтуды және спутниктік топтарды іске қосу мен пайдалану шығындарын азайтуды атап өтуге болады. Көлбеу, биіктік және спутниктің саны сияқты орбиталық конфигурацияларды модельдеу және талдау байланыс жүйелерінің жоғары тиімділігі мен қол жетімділігін қамтамасыз етудегі маңызды қадам болып қала береді [6; 7].

Сонымен қатар, Starlink, OneWeb сияқты әлемдік жобалар және "Гонец" типті жүйелерді және басқа да орбиталық шешімдерді дамытуға бағытталған бастамалар бәсекелестік ортаны және жаңа технологияларды енгізуді ынталандырады [8]. Осы саладағы зерттеулер спутниктік және жердегі инфрақұрылымды қамтитын интеграцияланған жүйелерді құруға мүмкіндік береді [9]. Бұл ғаламшардың ең шалғай бұрыштарында да жаһандық байланысты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе Қазақстанның Солтүстік аумақтары мен Маңғыстау облысы сияқты өңірлер үшін маңызды [10].

Материалдар мен әдістері

Зерттеу төмен орбиталық спутниктік байланыс жүйелерін имитациялау үшін Ansys STK көмегімен орындалды. Қамту аймақтарын талдауға және спутниктердің жерүсті станцияларымен өзара әрекеттесуінің уақыт сипаттамаларын есептеуге назар аударылды. Зерттеу орбиталық конфигурацияның орбиталық биіктігі, көлбеу және спутниктер саны сияқты негізгі параметрлерінің байланыс жүйесінің негізгі сипаттамаларына әсерін зерттеуге бағытталған. Олардың ішінде қамту аймақтары, қол жетімділіктің уақыт аралықтары және байланыс жоқ кезеңдер бар [4; 5]. Жұмыстың теориялық базасы спутниктердің жердегі инфрақұрылыммен өзара әрекеттесуін және орбиталық жүйелердің жұмыс істеу ерекшеліктерін сипаттайтын белгілі модельдер мен тәсілдерге сүйенді [3; 4].

Модельдеу (1-кестеде) сипатталған келесі шарттарды ескере отырып жүргізілді.

Параметр	Мәні
Орбитаның биіктігі	1000 км
Орбитаның көлбеуі	50°, 55°, 65°
Спутниктер саны	6, 8, 12
Жер үсті станциялары	Маңғытау обылысы (44,2° с.е., 51,2° б.б.) Қазақстанның солтүстік далалары (53° с.е., 63° б.б.)

Модельдеу қамту аумақтарын есептеу, қол жеткізу аралықтарын талдау және спутниктермен және жерүсті станциялармен өзара әрекеттесу үшін Ansys STK құралдарын пайдаланды.

Зерттеудің мақсаты жету қиын аймақтардағы байланыс үшін 6, 8 немесе 12 спутниктен тұратын оңтайлы төмен орбиталық шоқжұлдызды таңдау болып табылады. Есеп статистикалық тәсіл мен "Systems Tool Kit" (STK) көмегімен үш кезеңде шешіледі.

Кесте 2 – Модельдеуде қолданылатын бастапқы деректер

№	Сипаттама және атауы	Бірінші кезең	Екінші кезең	Үшінші кезең
1	Орбиталық топтағы ҒА саны	6 (2 жазықтық 3 ҒА-нан)	8 (2 жазықтық 4 ҒА-нан)	12 (3 жазықтық 4 ҒА-нан)
2	Қызмет көрсету аймағы	Қазақстан аумағы		
3	Орбита түрі	Төмен		
4	Орбитаның биіктігі, км	1000		
5	Орбитаның көлбеуі, °	55, 60	55, 60	50, 55, 65
6	ҒА айналым кезеңі, мин	105		
7	Координаттар	Маңғытау обылысы (44,2° с.е., 51,2° б.б.) Қазақстанның солтүстік далалары (53° с.е., 63° б.б.)		

Нәтижелер және талқылау

Алынған нәтижелердің дұрыстығы талданып, қолданыстағы мәліметтермен және әдістермен салыстырылды. Барлық модельдер төмен орбиталық спутниктер стандарттарына сәйкестігі мен нақты жұмыс жағдайларын дәл көрсету қабілеті және кезеңдер бойынша тексерілді.

Кезең 1

Бірінші кезеңде 6 спутниктен тұратын төмен орбиталық топтастырудың имитациялық моделі жасалды. Маңғыстау аймағында және Қазақстанның Солтүстік далаларында орналасқан екі жерүсті станциясы байланыстың уақытша жабылуы мен ұзақтығын бағалау үшін пайдаланылды.

6 спутникті қолданатын (сурет 1) алғашқы модельдеу негізінде келесі тұжырымдар жасауға болады: спутниктер 597-ден 1107 секундқа дейінгі жердегі станциялармен байланыс орнатады, бұл тұрақты қамту мүмкіндігін растайды. Алайда, кейбір жағдайларда, әсіресе солтүстік далада, қысқа мерзімді байланыс терезелері бар, олардың минималды байланыс ұзақтығы 430 секундты құрайды. 55° және 60° көлбеудегі 6 спутниктен тұратын топтастыру қамтуды қамтамасыз етті, бірақ байланыстың тұрақтылығын арттыру үшін спутниктер санын көбейту немесе орбиталық параметрлерді оңтайландыру қажет. Модель шалғай аудандарда тұрақты байланыс мүмкіндігін растайды, бірақ жетілдіруді талап етеді.

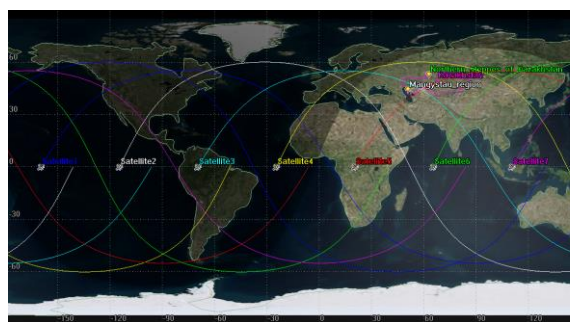
Кезең 2

Екінші кезеңде 8 спутниктен тұратын (сурет 2) төмен орбиталық топтастырудың имитациялық моделі жасалды. Маңғыстау аймағында және Қазақстанның Солтүстік далаларында орналасқан екі жерүсті станциясы байланыстың уақытша жабылуы мен ұзақтығын бағалау үшін пайдаланылды.

8 спутникті топтастырудың екінші модельдеуі орташа байланыс ұзақтығы 963,2 секундты құрап, тұрақты және тиімді байланысты көрсетті. Максималды ұзақтығы – 1112 секунд, минималды – 85 секунд, бұл қамту аймағының шекараларымен байланысты. Жалпы байланыс уақыты 57 790,31 секунд болды, бұл жүйенің жоғары тиімділігі мен сенімділігін растайды. Модельдеу төмен орбитада 8 спутникті қолдану арқылы тұрақты байланыс қамтамасыз етілетінін көрсетті.



Сурет 1 - 6 спутниктік топтастырудың орбиталық конфигурациясы.



Сурет 2 - 8 спутниктік топтастырудың орбиталық конфигурациясы.

Кезең 3

Үшінші кезеңде 12 спутниктен тұратын төмен орбиталық топтастырудың имитациялық моделі жасалды. Топтастыру әрқайсысы төрт спутниктен тұратын үш орбиталық жазықтықтан тұрды. Орбиталардың көлбеуі $50^\circ, 55^\circ$ және 60° болды, орбиталардың биіктігі 1000 км болды. Маңғыстау аймағында және Қазақстанның Солтүстік далаларында орналасқан екі жерүсті станциясы байланыстың уақытша жабылуы мен ұзақтығын бағалау үшін пайдаланылды.

Кесте 3 - Маңғыстау үшін $50^\circ, 55^\circ, 60^\circ$ көлбеу төмен орбитада (1000 км) 12 ғарыш аппаратынан тұратын орбиталық топтың қамту уақытын бағалау үшін имитациялық модельдеу нәтижелері, a - жазықтық көлбеу, b - көтерілу түйінінің оңға көтерілуі.

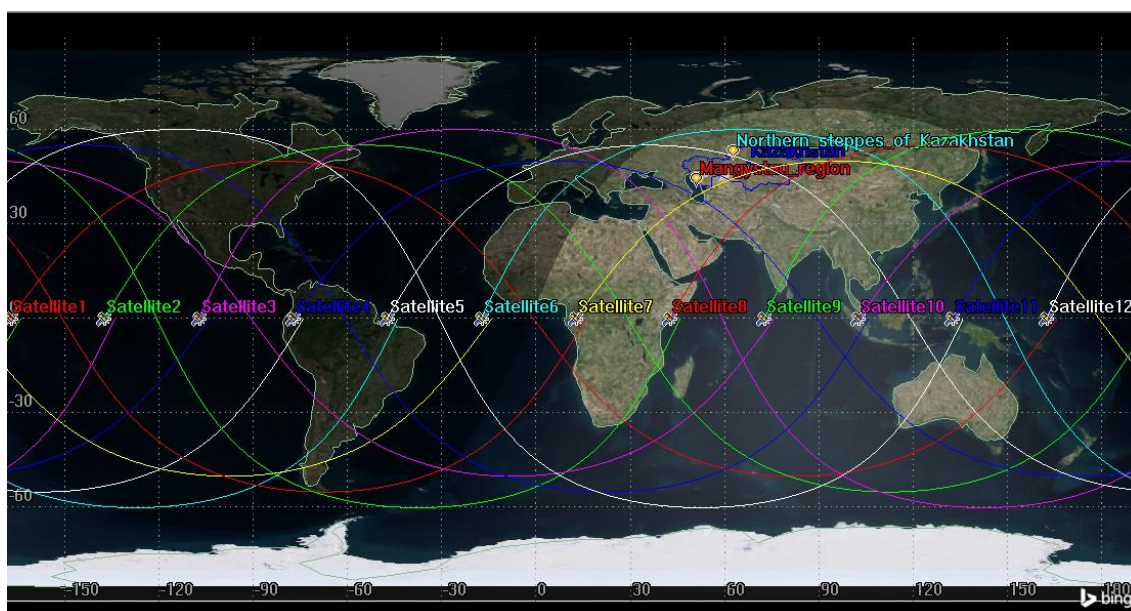
№	ҒА параметрлері	Маңғыстау аумағын қамту уақыты			
		Мин. (сек)	Макс. (сек)	Орташа (сек)	Жалпы уақыт (сек)
1	Satellite1 ($a=50^\circ, b=0^\circ$)	128.5	1111.3	928.5	6499.5
2	Satellite2 ($a=55^\circ, b=30^\circ$)	264.9	1109.5	899.9	7199.9
3	Satellite3 ($a=65^\circ, b=60^\circ$)	431.2	1096.9	894.1	8047.2
4	Satellite4 ($a=50^\circ, b=90^\circ$)	846.0	1115.3	1037.9	7265.6
5	Satellite5 ($a=55^\circ, b=120^\circ$)	264.2	1109.5	946.5	7572.6
6	Satellite6 ($a=65^\circ, b=150^\circ$)	807.1	1096.1	965.1	7721.2
7	Satellite7 ($a=50^\circ, b=180^\circ$)	431.3	1113.9	936.5	7492
8	Satellite8 ($a=55^\circ, b=210^\circ$)	617.4	1106	965.3	7723.1

9	Satellite9 ($a=65^\circ$, $b=240^\circ$)	166.6	1094.5	887.6	7101.2
10	Satellite10 ($a=50^\circ$, $b=270^\circ$)	704.4	1115.2	994.4	6961.3
11	Satellite11 ($a=55^\circ$, $b=300^\circ$)	743.6	1106	1015.1	7105.8
12	Satellite12 ($a=65^\circ$, $b=330^\circ$)	640.8	1094.7	938.8	7511
12 ҒА Маңғыстау аумағын қамту уақыты (сек)		88200.830			

Кесте 4 – Солтүстік Қазақстан далалары үшін 50° , 55° , 65° көлбеумен төмен орбитада (1000 км) 12 ғарыш аппаратынан тұратын орбиталық топтың қамту уақытын бағалау үшін имитациялық модельдеу нәтижелері, a - жазықтық көлбеу, b - көтерілу түйінінің оңға көтерілуі.

№	ҒА параметрлері	Солтүстік Қазақстан далалары аумағын қамту уақыты			
		Мин. (сек)	Макс. (сек)	Орташа (сек)	Жалпы уақыт (сек)
1	Satellite1($a=50^\circ$, $b=0^\circ$)	507.6	1108.4	894.2	6259.4
2	Satellite2 ($a=55^\circ$, $b=30^\circ$)	624.7	1111.7	974.6	6822.8
3	Satellite3 ($a=65^\circ$, $b=60^\circ$)	780.2	1097.7	1006	8048.1
4	Satellite4 ($a=50^\circ$, $b=90^\circ$)	308.8	1106.3	919.6	6437.2
5	Satellite5 ($a=55^\circ$, $b=120^\circ$)	705	1112	1013.4	7093.9
6	Satellite6 ($a=65^\circ$, $b=150^\circ$)	283.5	1098.8	912.9	8216.7
7	Satellite7 ($a=50^\circ$, $b=180^\circ$)	694.4	1107.6	958.7	6711.4
8	Satellite8 ($a=55^\circ$, $b=210^\circ$)	774.1	1111.9	1005.3	7037.7
9	Satellite9 ($a=65^\circ$, $b=240^\circ$)	714.4	1095	977.1	7817.1
10	Satellite10 ($a=50^\circ$, $b=270^\circ$)	776	1106.2	993.4	5960.9
11	Satellite11 ($a=55^\circ$, $b=300^\circ$)	515.6	1111.8	965	6755.3
12	Satellite12 ($a=65^\circ$, $b=330^\circ$)	289.6	1098.5	942.2	7538
12 ҒА Солтүстік Қазақстан далалары қамту уақыты (сек)		84699.039			

Үшінші 12 спутниктік модельдеу келесі қысқаша қорытындыларды береді: орташа қол жеткізу ұзақтығы әр түрлі спутниктерде 962-ден 1050 секундқа дейін өзгереді, бұл тұрақты және ұзақ қамтуды қамтамасыз етеді. Қол жеткізудің минималды уақыты — 283 секунд, ал максимум-1112 секунд, бұл қысқа және ұзақ байланыс кезеңдерін растайды. Маңғыстау үшін қол жеткізудің жалпы уақыты 88 200,83 секундты, Солтүстік дала үшін-84 699,04 секундты құрайды, бұл екі өңірді де қамтудың жоғары деңгейін көрсетеді. Салыстырмалы түрде, екі аймақ та жеткілікті ұзақ байланыс аралықтарымен тұрақты қамтуға ие, бұл байланыс пен деректер үшін тұрақты қол жетімділікке кепілдік береді.



Сурет 3 - 12 спутниктік топтастырудың орбиталық конфигурациясы.

Үш спутниктік топты модельдеу қарастырылды: 6, 8 және 12. Екі аймақ — Маңғыстау және Солтүстік дала зерттелді. 6 спутник үшін байланыс 597 — ден 1107 секундқа дейін созылады, орташа уақыт Маңғыстау үшін 1010 секунд және Солтүстік дала үшін 984 секунд, жалпы байланыс уақыты 7075 және 6527 секунд; қамту бар, бірақ кейде тұрақсыз. 8 спутникті пайдаланған кезде байланыс жақсарды — 430-1103 секунд, орташа уақыт 984 және 951 секунд, жалпы байланыс уақыты 7852 және 7612 секунд, спутниктерді қосу сенімділікті арттырды. 12 спутник үшін байланыс 128-1115 секунд, орташа уақыт 948 және 962 секунд, жалпы байланыс уақыты 88 201 және 84 699 секундқа дейін өсті, қамту тұрақты және ұзаққа созылды. Төменгі жол: спутниктердің көбеюі байланыстың тұрақтылығын айтарлықтай арттырады,

ал 12 спутниктік топтау сенімді қамтуды қамтамасыз ету үшін ең тиімді болып табылады.

Қорытынды

Спутниктердің көбеюі байланысты жақсартады: орбиталық топтағы спутниктер 6-дан 12-ге дейін ұлғайған кезде байланыстың тұрақтылығы мен ұзақтығының айтарлықтай артуы, сондай-ақ аумақты біркелкі қамту байқалады. Спутниктер неғұрлым көп болса, байланыс сенімділігі соғұрлым жоғары болады және үзілу ықтималдығы аз болады. 12 спутникпен модельдеу ең жақсы нәтиже көрсетті: Маңғыстау облысы мен Солтүстік дала үшін 12 спутник қол жеткізудің жалпы уақытын және байланыстың жоғары тұрақтылығын қамтамасыз етті, бұл қол жеткізу қиын аудандар үшін ірі топтардың тиімділігін растайды. Аймақтар бойынша айырмашылықтар: Маңғыстау облысы географиялық және орбиталық факторларға байланысты Солтүстік даламен салыстырғанда ұзағырақ байланыс кезеңдерін көрсетеді. Дегенмен, спутниктердің көбеюі тіпті шалғай аудандар үшін де тұрақты қамтуды қамтамасыз етті. Практикалық ұсынымдар: Маңғыстау және Солтүстік дала сияқты Қазақстанның шалғай өңірлерін тиімді қамту үшін 8-12 спутниктен тұратын топтамаларды пайдалану тиімді. Бұл байланыс үшін маңызды тұрақты және ұзақ мерзімді байланысқа кепілдік береді. Орбиталық параметрлердің әсері: орбитаның көлбеуі мен биіктігі де байланыстың тұрақтылығына әсер етеді. Бұл опцияларды жекелеген аудандарда қамтуды жақсарту үшін одан әрі реттеуге болады. Нәтижесінде, зерттеу спутниктердің көбеюі спутниктік байланыс жүйелерінің тиімділігін едәуір жақсартатынын растайды, бұл қол жетімділігі қиын аймақтар үшін өте маңызды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Haitaamar, Z., Sulaiman, A., Bendoukha, S.A., Rodrigues, D. Lower Inclination Orbit Concept for Direct-Communication-To-Satellite Internet-Of-Things Using Lean Satellite Standard in Near-Equatorial Regions. Appl. Sci. 2023, 13, 5654. <https://doi.org/10.3390/app13095654>
2. Дятлов, А.П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами: Учебное пособие. Ч.1. Таганрог. ТРТУ. 2004. - 95 с.
3. Айтмагамбетов, А.З. Системы подвижной спутниковой связи: Учебное пособие; АИЭС. Алматы, 2006. - 106 с.

4. Михайлов, Р.Л. Описательные модели систем спутниковой связи как космического эшелона телекоммуникационных систем специального назначения. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2019. – 150 с.
5. Пантенков, Д. Г. Моделирование и сравнительный анализ своевременности передачи информации от источника к получателю в двухуровневой системе спутниковой связи с использованием космических аппаратов на низких и геостационарной орбитах // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 4. С. 192-219. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10407.
6. Пророк, В.Я., Кадочников, А.П., Осадчая, Д.С. Моделирование процесса развертывания многоспутниковой группировки низкоорбитальных космических аппаратов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. Вып. 2. 339–348 с. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-339-348.
7. Сидоренко, И.А., Евтушенко, М.А. Оценка эффективности систем спутниковой связи на GEO, МEO и LEO орбитах // Научные ведомости. Серия Экономика. Информатика. — 2015. — №19 (216). Выпуск 36/1. — 160-167 с.
8. Савельева, О.А., Савельев, И.С. Перспективные низкоорбитальные системы спутниковой связи // Актуальные проблемы авиации и космонавтики – 2019. Том 1. — 487-489 с.
9. Гармонов, А.В., Иванов, Р.К., Карпов, А.С., Ковалевский, М.М., Копылов, Ю.А., Последов, С.В. Низкоорбитальная система спутниковой связи. Патент РФ № 2496233 С2. Дата публикации: 20.10.2013
10. Сомов, А. М., Корнев, С. Ф. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов // Под ред. А. М. Сомова. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 244 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0225-1.

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ

Д.Б.Торейбай, А.Нурланкызы

Аннотация: В данной статье представлены результаты исследования низкоорбитальных спутниковых систем связи, направленного на решение проблемы обеспечения стабильной и эффективной связи в труднодоступных и удаленных регионах. В рамках работы было проведено детальное исследование влияния ряда ключевых параметров орбитальной конфигурации, таких как наклон орбиты (50°, 55°, 65°), высота орбиты (1000 км) и количество спутников в созвездии (6, 8 и 12). Эти параметры играют решающую роль в обеспечении качественного покрытия и минимизации сбоев связи в отдаленных районах. Моделирование проводилось с использованием программы Ansys STK, которая позволяет осуществлять точный анализ зон покрытия, времени доступа к спутникам и периодов, когда связь невозможна (бесконтактные интервалы). Для анализа были выбраны две наземные станции: одна в Мангистауской области (44,2° с.ш., 51,2° в.д.), другая — в северных степях Казахстана (53° с.ш., 63° в.д.). Результаты моделирования показали, что оптимизация числа спутников и правильный выбор орбитальных наклонов значительно повышают качество покрытия и уменьшают продолжительность периодов отсутствия связи. Статья подчеркивает актуальность и

важность использования спутниковых систем LEO для сокращения цифрового неравенства и обеспечения надежной связи в удаленных и труднодоступных регионах.

Ключевые слова: низкоорбитальные спутниковые системы, связь в труднодоступных зонах, орбитальная конфигурация, зоны покрытия, Ansys STK, цифровое неравенство.

ANALYSIS AND MODELING OF STABLE SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS IN REMOTE AREAS

D. B. Torebay, A. Nurlankyzy

Annotation: This article presents the results of a study on low Earth orbit (LEO) satellite communication systems aimed at addressing the issue of ensuring stable and efficient communication in remote and hard-to-reach regions. The work involved a detailed investigation of the impact of several key orbital configuration parameters, such as orbital inclination (50° , 55° , 65°), orbit altitude (1000 km), and the number of satellites in the constellation (6, 8, and 12). These parameters play a crucial role in ensuring quality coverage and minimizing communication disruptions in remote areas. The simulation was conducted using the Ansys STK software, which enables precise analysis of coverage zones, satellite access times, and periods when communication is not possible (contactless intervals). Two ground stations were selected for the analysis: one in the Mangistau region (44.2° N, 51.2° E) and the other in the northern steppes of Kazakhstan (53° N, 63° E). The simulation results showed that optimizing the number of satellites and correctly selecting orbital inclinations significantly improves coverage quality and reduces the duration of communication outages. The article emphasizes the relevance and importance of using LEO satellite systems to reduce digital inequality and ensure reliable communication in remote and hard-to-reach areas.

Key words: low-orbit satellite systems, communication in inaccessible areas, orbital configuration, coverage areas, Ansys STK, digital inequality.

УДК

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ СВЕРХ ЛЁГКОГО КЛАССА, С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОСАДКИ.

Г.Е. Жуламанова , С.Б. Косболов 

НАО «Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева»,
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

E-mail: gu.zhulamanova@aes.kz

Аннотация: Современная космическая индустрия стремится к снижению стоимости запусков за счет многократного использования ракет-носителей. В рамках данного исследования рассматривается проектирование первой ступени ракеты-носителя сверх лёгкого класса, способной к вертикальной посадке, что является важным шагом к созданию экономически эффективных и экологически чистых решений для космических запусков.

Цель работы — выбор оптимальной конфигурации первой ступени, способной не только выводить полезную нагрузку на орбиту, но и возвращаться на Землю для повторного использования.

Проектирование первой ступени ракеты-носителя с возможностью вертикальной посадки предполагает комплексный подход, включающий как теоретические исследования, так и экспериментальные разработки. В данной работе реализована механика посадочных опор, обеспечивающих устойчивое приземление и минимизацию ударных нагрузок.

Ключевые слова:

РН – Ракета - носитель

РНСЛК - Ракета-носитель сверхлёгкого класса

НОО - Низкая околоземная орбита

ВП - Вертикальная посадка

САПР - Система автоматизированного проектирования

Введение

В развивающейся отрасли космических перевозок технология вертикальной посадки ракет стала прорывным решением. Этот метод позволяет возвращать первую ступень ракеты на Землю путем контролируемого спуска и посадки на платформу. Повторное использование ракет значительно снижает стоимость запусков и увеличивает их частоту, что стимулирует развитие всей космической индустрии.

Среди лидеров в технологиях возврата первой ступени выделяются SpaceX (Falcon 9), Blue Origin (New Shepard) и Rocket Lab (Electron).

Посадка первой ступени Falcon 9 от SpaceX обеспечивается двигателями Merlin с управляемым вектором тяги, решетчатыми рулями и азотными

газовыми двигателями. Посадочные опоры раскрываются перед касанием, а навигация осуществляется с помощью ИНС и GPS.

Electron от компании Rocket Lab с 2019 года тестирует повторное использование первой ступени, используя парашютную посадку в океан. Испытания показали, что двигатели «Резерфорд» сохраняют работоспособность после такой посадки.

New Shepard от Blue Origin — суборбитальная ракета для космического туризма. Посадка осуществляется реактивным торможением с двигателем BE-3, стабилизацию обеспечивают аэродинамические поверхности и посадочные опоры.

Методы исследования

В данной работе применялся комплексный подход, сочетающий теоретические и практические методы исследования:

Аналитический метод - изучение существующих решений вертикальной посадки ракет-носителей (SpaceX Falcon 9, Blue Origin New Shepard, Rocket Lab Electron) и анализ их технических особенностей для определения оптимальных подходов к проектированию РНСЛК.

Математическое моделирование - разработка математических моделей парашютной системы и механики вертикальной посадки с использованием дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода для описания динамики системы.

Компьютерное моделирование - использование программных комплексов MATLAB и Python для численного интегрирования уравнений движения и визуализации процессов спуска и посадки первой ступени.

САПР проектирование - разработка трехмерных моделей посадочных опор и механизмов демпфирования в системах автоматизированного проектирования с последующим анализом их структурной устойчивости.

Прочностной анализ - оценка прочностных характеристик посадочных опор и демпфирующих элементов при различных условиях приземления и ветровых нагрузках.

Парашютная система первой ступени ракеты-носителя сверхлегкого класса.

Для вывода спутника на орбиту ракета-носитель должна достигнуть скорости 7800 м/с. Первая ступень ракеты-носителя сверхлегкого класса (РНСЛК) достигает скорости 1600–2800 м/с перед отделением. Для её возврата используется парашютная система, обеспечивающая эффективное торможение, минимизируя нагрузки и нагрев при входе в атмосферу. Основная цель – разработка системы, обеспечивающей контролируемый спуск и снижение скорости до безопасных значений.

Теоретические основы и расчёты.

Оценка эффективности парашютной системы проводилась на основе подробных теоретических расчётов и математического моделирования. Первоначально были рассмотрены физические процессы падения тела в атмосфере с учётом действия силы тяжести и сопротивления воздуха. Движение тела описывалось основными законами механики Ньютона.

При падении ступени основное сопротивление создаётся парашютом. Лобовое сопротивление определяется уравнением:

$$Q = \frac{\rho V^2}{2} c f$$

где: ρ - массовая плотность воздуха на высоте падения тела в кг/м³,

V - скорость падения тела в м/сек,

f - площадь миделя тела (груза) в м²,

c - коэффициент лобового сопротивления тела (груза), отнесенный к площади.

Далее определялась установившаяся скорость снижения системы «парашют-груз», при которой сила тяжести тела уравнивается аэродинамическим сопротивлением. Данная скорость рассчитывается по формуле:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{2G_{сист}}{\rho c f}}$$

где: G - вес системы, определяемый произведением массы тела на ускорение свободного падения,

f - площадь купола парашюта, м².

Моделирование и результаты

Для подтверждения эффективности системы было проведено компьютерное моделирование в MATLAB с учетом следующих факторов:

- 1.Изменяющаяся с высотой плотность атмосферы (по экспоненциальной модели);
- 2.Сила тяжести;
- 3.Сила сопротивления воздуха.

Результаты моделирования показали, что скорость приземления составляет 11.872 м/с, что незначительно отличается от расчетного значения 10.497 м/с. Погрешность между моделированным и расчетным значениями составляет 13.1%, что является допустимым для данного типа моделирования. Все вычисления и результаты моделирования занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - вычисленные данные

№	Обозначение	Параметр	Значение	Размерность
1	m	Масса ступени	950	кг
2	h_0	Начальная высота разделения	70	км
3	h_1	Высота раскрытия тормозного парашюта	13	км
4	h_2	Высота раскрытия основного парашюта	11	км
5	V_0	Начальная скорость ступени	7.8	км/с
6	S	Площадь миделя груза	4.52	м ²
7	S_1	Площадь миделя тормозного парашюта	5	м ²
8	S_2	Площадь миделя основного парашюта	40	м ²
9	C	Коэффициент лобового сопротивления груза	0.82	-
10	c_{Π}	Коэффициент лобового сопротивления основного парашюта	1.6	-
11	$V_{кр}$	Расчётная скорость приземления	10.497	м/с

12	$V_{\text{крп}}$	Скорость приземления (моделирование)	11.872	м/с
13	$\Delta V\%$	Процент погрешности	13.1	%
14	S_H	Путь наполнения купола парашюта воздухом	40.73	м
15	$t_{\text{в1}}$	Время раскрытия первого парашюта	1.27	с
16	$t_{\text{в2}}$	Время достижения скорости снижения после полного раскрытия основного парашюта	2.7	с
17	H_c	Путь до момента достижения скорости снижения	7673	м

Разработанная парашютная система первой ступени РНСЛК обеспечивает контролируемый спуск и безопасную посадку. Теоретические и численные расчёты подтвердили эффективность выбранной конфигурации. Дальнейшие исследования направлены на уточнение характеристик демпфирования и оптимизацию конструкции куполов.

Механика вертикальной посадки первой ступени ракеты-носителя сверхлегкого класса

В данной работе рассматривается механика вертикальной посадки первой ступени РНСЛК массой 12,5 тонн, способной выводить полезную нагрузку до 250 кг на орбиту высотой 100-500 км.

Модель взаимодействия с поверхностью. Рассмотрим модель взаимодействия посадочной опоры ступени ракеты-носителя с поверхностью земли (рисунок 2). Ступень садится на 4 опоры, каждая из которых состоит из демпфирующего подкоса переменной длины BK и опорного подкоса AK постоянной длины, шарнирно закрепленных на корпусе.

При контакте с поверхностью демпфирующий подкос BK сжимается, поглощая кинетическую энергию. В демпфере используется устройство, создающее при сжатии постоянную силу сопротивления D . Со стороны поверхности на опору действуют сила реакции опоры N и сила трения F .


$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{s}} - \frac{\partial T}{\partial s} = Q_s$$

Кинетическая энергия системы определяется выражением:

$$T = \frac{m\dot{s}^2}{2} \frac{s^2}{a}$$

$$Q_s = -mg \frac{s}{a} + 4D + \mu m \frac{hs \left(\frac{1}{a} (\ddot{s}s + \dot{s}^2) + g \right)}{a\sqrt{l^2 - h^2}}$$
$$\ddot{s} = \frac{1}{s} \left(\frac{4a^2x}{ms(x - \mu h)} D - ag - \dot{s}^2 \right)$$
$$D_{min} = \frac{mg}{4} \frac{s}{a}$$

Расчет энергии, поглощаемой демпфером. После касания опорами поверхности земли кинетическая и потенциальная энергия ступени поглощается демпферами:

$$\frac{mV_0^2}{2} + mg(h_0 - h_k) = 4D(s_0 - s_k)$$

Выражение для энергии, поглощаемой демпфером одной посадочной опоры:

$$E_D = \frac{mg}{4a} \left[s_0 + \frac{V_0^2 a}{2g\Delta s} - \frac{\Delta s}{2} \right] \Delta s$$

Численное интегрирование уравнения движения в Python показало, что при выбранных параметрах демпфер поглощает кинетическую энергию на перемещении около 0,8 м за 0,3 секунды. Суммарная работа демпферов составляет примерно 45 кДж (рисунок 3).

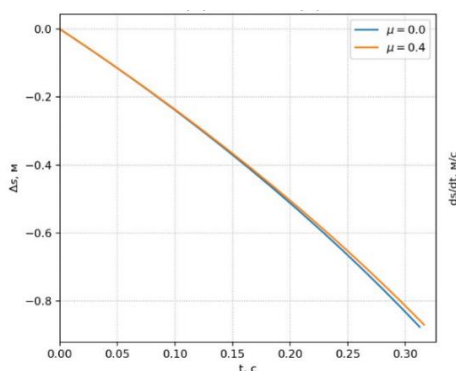


Рисунок 3 – Деформация демпфера

Разработка конструкции первой ступени РНСЛК для вертикальной посадки. Основные параметры РНСЛК. Ракета-носитель сверхлегкого класса имеет следующие характеристики:

- 1.Стартовая масса: 12,5 тонн,
- 2.Сухая масса первой ступени: 950 кг,
- 3.Масса полезной нагрузки: 250 кг,
- 4.Высота: 18 м,
- 5.Диаметр: 1,2 м,
- 6.Высота орбиты: 100-500 км,

7. Количество ступеней: 2,
8. Топливо: жидкий кислород и керосин.

Концепция вертикальной посадки. Для спасения первой ступени применяется интегрированный подход (рисунок 4), включающий:

1. Парашютную систему для замедления,
2. Амортизирующие посадочные опоры,
3. Двигатели на холодном газе для управления ориентацией.

Данная комбинация обеспечивает безопасную посадку ступени и возможность её многократного использования.



Рисунок 4 - Концепция вертикальной посадки первой ступени РНСЛК

Проектирование посадочных опор. Для обеспечения устойчивости при посадке необходимо соблюдение критерия:

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} < mg\Delta h$$

где: m — масса ракеты,

V — горизонтальная составляющая скорости приземления,

I — момент инерции,

ω — угловая скорость,

g — ускорение свободного падения,

Δh — изменение высоты центра тяжести.

Это условие гарантирует, что кинетическая энергия движения ракеты (поступательного и вращательного) меньше потенциальной энергии, обеспечивающей устойчивость при посадке.

Моделирование в CAD-системах показало, что приземлившийся аппарат демонстрирует высокую стабильность и может выдерживать ветер со скоростью до 30 м/с при предотвращении скольжения.

Разработанная модель механики вертикальной посадки первой ступени РНСЛК позволяет определить оптимальные параметры посадочных опор и демпфирующих элементов. Предложенная концепция вертикальной посадки с использованием парашютной системы и амортизирующих опор обеспечивает безопасное приземление и повторное использование ступени, что способствует снижению стоимости космических запусков. Численные расчеты и моделирование в CAD-системах подтвердили эффективность и надежность разработанной конструкции.

Обсуждение.

В отличие от системы SpaceX Falcon 9, где для замедления и посадки используются исключительно ракетные двигатели, предложенный в данной работе подход основан на комбинации парашютной системы и амортизирующих опор. Это позволяет значительно снизить массу топлива, необходимого для посадки, и упростить систему управления, что особенно актуально для ракет сверхлегкого класса.

По сравнению с методом Rocket Lab, где Electron спускается на парашюте в океан, предложенная концепция обеспечивает посадку на сушу, что исключает контакт с морской водой и связанные с этим проблемы коррозии и повреждения электронных компонентов. Это существенно упрощает процесс восстановления и повторного использования ступени.

Технологические вызовы. Одним из ключевых вызовов при разработке системы вертикальной посадки является обеспечение высокой точности приземления. Предварительные расчеты показывают, что использование парашютной системы без дополнительных средств коррекции может приводить к значительному отклонению от расчетной точки посадки. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть возможность интеграции небольших управляющих двигателей для финальной корректировки положения ступени перед посадкой.

Экономическая эффективность. Анализ экономической эффективности показал, что повторное использование первой ступени РНСЛК позволяет снизить стоимость запуска примерно на 30-40% при условии минимальных затрат на восстановление. Предложенная система парашютной посадки с амортизирующими опорами обеспечивает минимальные повреждения ступени, что сокращает время и затраты на подготовку к повторному запуску.

Заключение

В рамках данного исследования была разработана и теоретически обоснована концепция вертикальной посадки первой ступени ракеты-носителя сверхлегкого класса, способной выводить полезную нагрузку до 250 кг на орбиту высотой 100-500 км.

Проведен анализ существующих решений вертикальной посадки ракетных ступеней, который показал, что для РНСЛК оптимальным является комбинированный подход, включающий парашютную систему и амортизирующие посадочные опоры.

Разработана математическая модель парашютной системы, обеспечивающей снижение скорости ступени до безопасных значений. Результаты моделирования показали, что при использовании основного парашюта площадью 40 м² скорость приземления составляет около 11.9 м/с, что соответствует расчетным значениям с допустимой погрешностью.

Предложена и математически обоснована конструкция посадочных опор с демпфирующими элементами, способными поглощать кинетическую энергию при посадке. Расчеты показали, что при выбранных параметрах демпферы способны эффективно поглощать энергию удара на перемещении около 0.8 м.

Определены критерии устойчивости ступени после приземления, учитывающие как поступательное, так и вращательное движение. Моделирование показало, что разработанная конструкция обеспечивает устойчивость при ветровых нагрузках до 30 м/с.

Проведена оценка экономической эффективности предложенной концепции, которая подтвердила целесообразность многократного использования первой ступени РНСЛК для снижения стоимости космических запусков.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании перспективных многократных ракет-носителей сверхлегкого класса, что будет способствовать развитию доступной и экологически ответственной космической транспортной системы.

Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную проверку предложенных технических решений, оптимизацию параметров системы и разработку алгоритмов управления для обеспечения высокой точности приземления в различных метеорологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобанов Н.А. Основы расчета и конструирования парашюта . - М.: Машиностроение, 1965. - 183 с.
2. В. В. Васильев, Л. В. Морозов, В. Г. Шахов . Расчет аэродинамических характеристик ракет-носителей . - М.: Самара, 2005. - 88 с.
3. Andres Torres. Reusable Rockets and the Environment. - University of California, Merce, 2020.
4. C. B. Allen. Parachute-Payload System Flight Dynamics and Trajectory Simulation. - Giorgio Guglieri, 2012.
5. Тимофеев П.М.. Сравнение методов возвращения первой ступени многоразовой ракеты. - КНИТУ-КАИ, 2020.
6. Lars Pepermans. Comparison of Various Parachute Deployment Systems for Full Rocket Recovery of Sounding Rockets. - Madrid, Spain, 2019.
7. H. Havliš, T. Vyhlídal. Modelling of flight of an autonomous parachute. - California, Merce, 2021.
8. L. Pepermans, M. Rozemeijer. Flight Simulations of the Stratos III Parachute Recovery System. - Netherlands, 2018.
9. Matt Darley, Peter Beck. Return To Sender: Lessons Learned From Rocket Lab's First Recovery Mission. - Rocket Lab, 2021.
10. Matt Darley, Peter Beck. Return To Sender: Lessons Learned From Rocket Lab's First Recovery Mission. - Rocket Lab, 2021.
11. Куренков В.И. Основы проектирования ракет-носителей. - М.: Самара СГАУ, 2011. - 458 с.
12. Matt Darley, Peter Beck. Payload user's guide. - Rocket Lab, 2022.
13. Falcon user's guide. - SpaceX, 2021.
14. Патент RU2497715C1 Россия, МКИ2F 06 C 3/06. Система мягкой посадки многоразовой ракетной ступени/; Оpubл. 12.06 18
15. R. C. Mehta. Effect of geometrical parameters of reentry capsule over flowfield at high speed flow. Advances in Aircraft and Spacecraft Science, 2014.
16. Tim Thompson, David Weeks. Falcon Program Update on the SpaceX Maiden Launch, Mishap Investigation and Return to Flight. - University of California, 2012

ЗЫМЫРАН ТАСЫҒЫШТЫҢ БІРІНШІ САТЫСЫН ЖЕҢІЛ СЫНЫПТАН ТЫС, ТІК ҚОНУ МҮМКІНДІГІМЕН ЖОБАЛАУ.

Жуламанова Г. Е., Косболов С.Б.

Аннотация: Қазіргі ғарыш индустриясы зымыран тасығыштарды қайта пайдалану арқылы ұшыру құнын төмендетуге тырысады. Осы зерттеу шеңберінде тігінен қонуға қабілетті жеңіл сыныптан тыс зымыран тасығыштың бірінші сатысын жобалауды қарастырады және бұл ғарышқа ұшыру үшін үнемді, экологиялық таза шешімдерді құрудың маңызды қадамы болып табылады.

Жұмыстың мақсаты-пайдалы жүктемені орбитаға шығарып қана қоймай, қайта пайдалану үшін жерге оралуға қабілетті бірінші кезеңнің оңтайлы конфигурациясын таңдау.

Тік қону мүмкіндігі бар зымыран тасығыштың бірінші сатысын жобалау теориялық зерттеулерді, эксперименттік әзірлемелерді де қамтитын кешенді тәсілді қамтиды. Бұл жұмыста тұрақты қонуды және соққы жүктемелерін азайтуды қамтамасыз ететін қону тіректерінің механикасы жүзеге асырылды.

Кілт сөздер:

ЗТ - Зымыран тасығыш

УЖСЗТ - ультра жеңіл сыныптан тыс зымыран тасығыш

ТЖО - төмен жер орбитасы

ТҚ - Тік қону

АЖЖ - Автоматтандырылған жобалау жүйесі

DESIGNING THE FIRST STAGE OF AN ULTRA-LIGHT LAUNCH VEHICLE, WITH THE POSSIBILITY OF VERTICAL LANDING.

G.Y. Zhulamanova, S.B.Kosbolov

Annotation: The modern space industry is striving to reduce the cost of launches due to the reusable use of launch vehicles. This study examines the design of the first stage of an ultra-light launch vehicle capable of vertical landing, which is an important step towards creating cost-effective and environmentally friendly solutions for space launches.

The purpose of the work is to select the optimal configuration of the first stage, capable of not only launching a payload into orbit, but also returning to Earth for reuse.

The design of the first stage of a launch vehicle with the possibility of vertical landing involves an integrated approach, including both theoretical research and experimental development. In this work, the mechanics of landing supports are implemented, ensuring a stable landing and minimizing shock loads.

Keywords:

PH Launch Vehicle

RNSLK - Ultralight Class Launch Vehicle

LEO - Low Earth Orbit

VP - Vertical landing

CAD - Computer-aided design system

УЛЬТРА ЖЕҢІЛ КЛАСТЫ ЗЫМЫРАНҒА ПАРАШЮТТЫҚ ҚҰТҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ 3D МОДЕЛЬДЕУ

Ахметкарим Н.Н.¹ , Жолдасбек Г.Ж.¹ , Утелиева Н.К.^{1,2} 

¹«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» КЕАҚ,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтұрсынұлы к-сі, 126/1

² «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті» КЕАҚ,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

E-mail: n.akhmetkarim@aes.kz
g.zholdasbek@aes.kz
n.utelyeva@aes.kz

Андатпа: Зымыранды қайта пайдалану және оның қауіпсіз қонуын қамтамасыз ету үшін тиімді құтқару жүйесі қажет. Осы жобада ультра жеңіл класты зымыранға арналған парашют жүйесі қарастырылады. Парашют ретінде жібек матадан жасалған жалпақ күмбезді конструкция таңдалып оның диаметрі зымыран массасына байланысты есептеледі. Ауа тұрақтылығын сақтау үшін апекс тесігі қарастырылып парашют жіптері ретінде жоғары беріктігі бар паракорд материалы қолданылады. Парашюттің автоматты түрде ашылуын қамтамасыз ету үшін соленоид механизмі орнатылады. Бұл жүйе электрлік басқару арқылы іске қосылып белгіленген биіктікте парашютті ашуға мүмкіндік береді.

Зымыранды 3D модельдеу SolidWorks бағдарламасында жүзеге асырылып конструкцияның аэродинамикалық сипаттамалары жүктеме таралуы және парашют жүйесінің интеграциясы зерттеледі. 3D модельдер көмегімен зымыранның массалық балансы реттеліп парашют контейнерінің дұрыс орналасуы және ашылу механизмі толықтай пысықталады. Модельдеу нәтижелері құтқару жүйесінің сенімділігін арттыруға және зымыранның қауіпсіз қонуын қамтамасыз етуге бағытталған.

Кілтті сөздер: ультра жеңіл класты зымыран, парашюттік құтқару жүйесі, жібек матасы, жалпақ күмбез (купол), апекс тесігі, паракорд жіптері, соленоид JF-0826, құтқару механизмі, 3D модельдеу, SolidWorks бағдарламасы, биіктік датчигі, тартпа жіптер (строп), зымырандық технологиялар.

Кіріспе

Қазіргі таңда зымырандық технологиялар қарқынды дамып, ғылыми зерттеулер мен инженерия саласында жаңа мүмкіндіктер ашылуда. Ультратеңіл класты зымырандар ғылыми эксперименттерде, оқу мақсаттарында және атмосфералық зерттеулерде кеңінен қолданылады. Мұндай

зымырандардың маңызды компоненттерінің бірі — құтқару жүйесі. Құтқару жүйесі зымыранның жерге қауіпсіз түсуін қамтамасыз етіп, оның көп реттік пайдаланылуына мүмкіндік береді.

Бұл мақаланың мақсаты – ультра жеңіл зымырандар үшін парашюттік құтқару жүйесін әзірлеу, оның жұмыс істеу принциптері және 3D модельдеу арқылы жүйені жобалау болып табылады.

Мақалада жалпы, парашют конструкциясы және зымыранның 3D моделі қарастырылады.

Ультра жеңіл класты зымырандардың жерге қауіпсіз қонуын қамтамасыз ету үшін парашюттық құтқару жүйесі қолданылады. Бұл жүйе ұшу барысында зымыранның биіктігін бақылай отырып, белгіленген нүктеге жеткен кезде парашютті ашуға арналған. Құтқару жүйесінің негізгі мақсаты – құрылғыны зақымданусыз қайта пайдалануға мүмкіндік беру және қону жылдамдығын азайту.

Парашютты ашу механизмі электромагниттік немесе серіппелі механизмнің көмегімен іске қосылады. Бұл жүйеде қысым датчигі (мысалы, BMP280) зымыранның биіктігін өлшеп, микроконтроллерге дерек жібереді. Микроконтроллер алдын ала белгіленген биіктікке жеткенде, соленоид немесе серіппелі механизмді іске қосып, парашютті ашады.

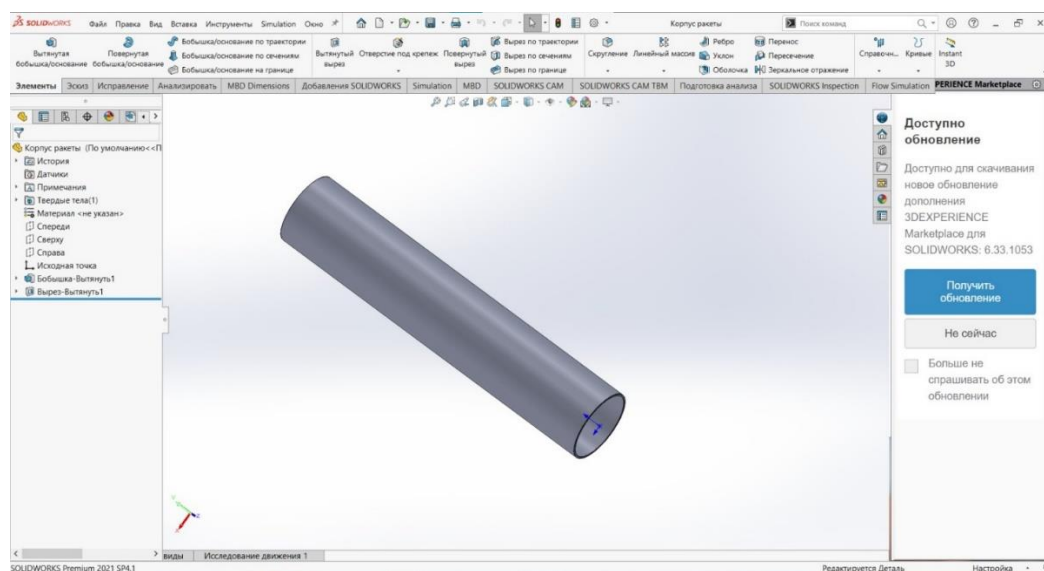
3D модельдеу мақсаты

Зымыранның қауіпсіз жерге қонуын қамтамасыз ету үшін оның конструкциясын мұқият жобалау қажет. Бұл зерттеуде SolidWorks бағдарламасында әзірленген ультра жеңіл зымыранның құтқару жүйесінің 3D моделі ұсынылады. Модельде зымыранның құрылымдық элементтері, оның ішінде парашют жүйесі, обтекатель, корпус және ішкі механизм орны көрсетілген.

3D модельдеуді реализациялау

Корпус - зымыранның негізгі құрылымдық бөлігі, ол пайдалы жүктемені, қозғалтқышты, парашют жүйесін және электрониканы орналастыру үшін қызмет етеді. Корпус аэродинамикалық тұрақтылықты қамтамасыз етіп, құрылымдық беріктікті сақтай отырып, ұшу кезінде жүктемелерге төзімді болуы керек. Корпус SolidWorks бағдарламасында диаметрі 100 мм және

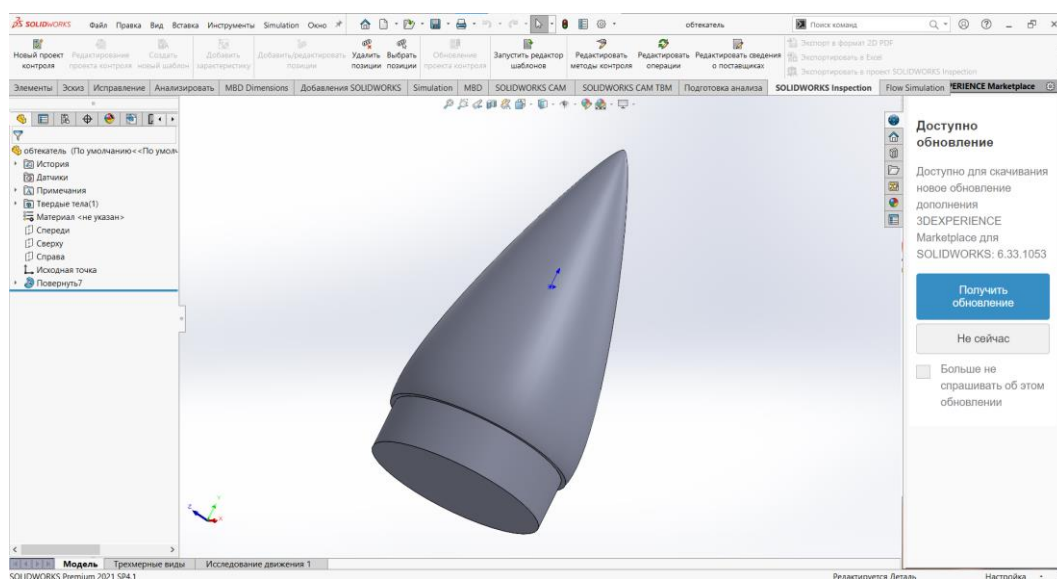
ұзындығы 95 мм болатын шеңберлі профиль эскиз арқылы жасалынды (сурет - 1).



Сурет – 1. Корпус.

Обтекатель (мұрын конусы) – зымыранның аэродинамикалық сипаттамаларын жақсартады және ішкі электроника мен жүктемені қорғайды.

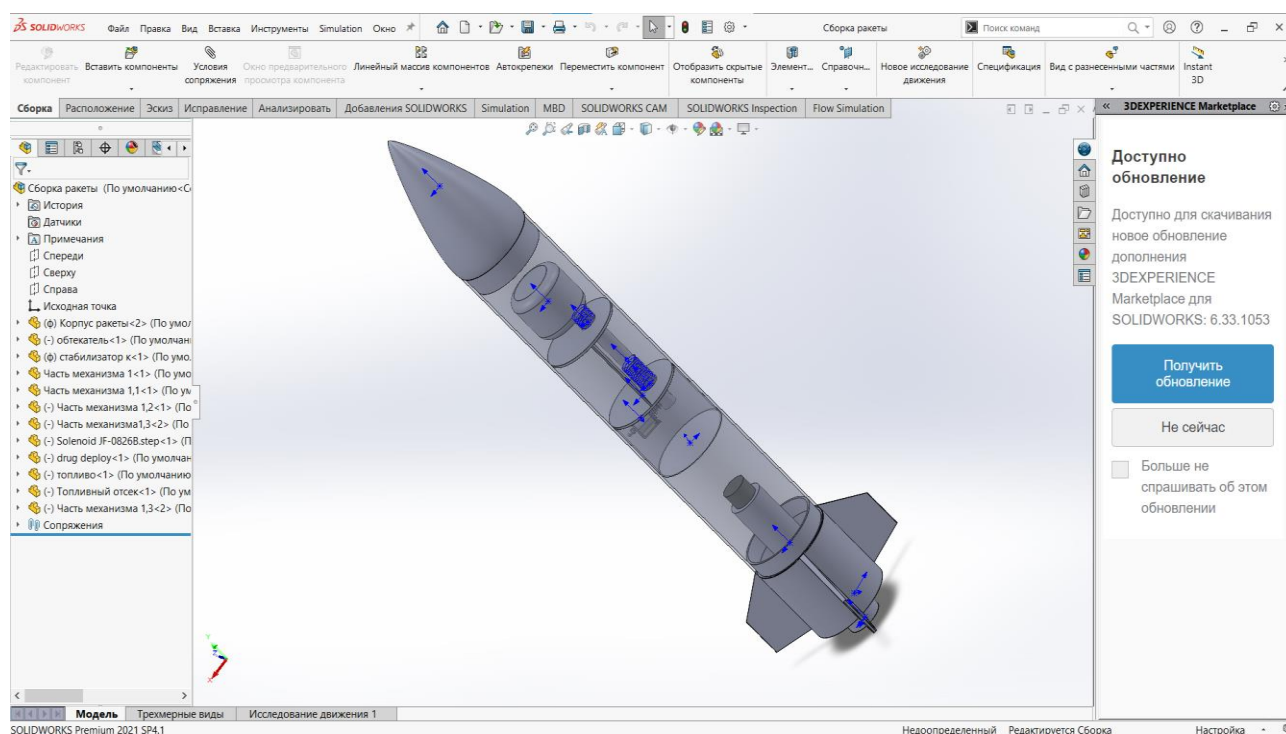
Обтекатель **SolidWorks** бағдарламасында **Revolve** (айналдыру) әдісі арқылы жасалған. Оның биіктігі **200 мм**, төменгі диаметрі **100 мм**, жоғарғы бөлігі **25 мм** радиустан басталады. Бұл конструкция зымыранның аэродинамикалық тұрақтылығын қамтамасыз етіп, ішкі компоненттерді қорғайды (сурет – 2).



Сурет – 2. Обтекатель.

Бұл модель ультра жеңіл класты зымыранның толық 3D үлгісі болып табылады (сурет – 3). Ол SolidWorks бағдарламасында әзірленіп, зымыранның негізгі құрылымдық элементтерін қамтиды. Бұл жалпы модель зымыранның аэродинамикалық, механикалық және электрондық жүйелерін көрсетуге арналған.

Модельдің ішінде парашюттік құтқару жүйесі, соленоид механизмі, отын бөлігі және стабилизаторлар орналасқан. Бұл дизайн зымыранның тұрақтылығы мен қайта қолданылу мүмкіндігін зерттеу үшін жасалған. Модель нақты ұшу сынақтарына дейін виртуалды тестілеуге және аэроғарыштық есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді.



Сурет – 3. Толық модель.

Жасалған 3D модель ультра жеңіл класты зымыранның құрылымын нақты визуализациялауға мүмкіндік береді модельдеу барысында әр компоненттің өлшемдері мен орналасуы ескеріліп, жинақтау процесіне ыңғайлы етіп жасалды алынған модель конструкцияның аэродинамикалық тиімділігі мен ішкі механизмдердің үйлесімділігін тексеруге негіз болады. Сонымен қатар, құтқару жүйесінің механизмдері, соның ішінде парашют бөлімі мен соленоидтық іске қосу құрылғысы дәл анықталып, олардың жұмыс принципін тексеру мүмкіндігі қарастырылды. Бұл модель зымыран құрастыру

мен сынақтарын жүргізуде, сондай-ақ болашақ жетілдірулерге қажетті өзгерістерді енгізуде тиімді құрал ретінде қызмет етеді.

Парашют жүйесінің сипаттамасы.

Парашют – ұшу аппараттарының қауіпсіз қонуын қамтамасыз ететін негізгі құтқару жүйесі. Ол жылдамдықты төмендетіп, аппараттың жерге зақымсыз түсуіне мүмкіндік береді. Біздің жобада парашют ракета макетін қорғау үшін қолданылады. Ол ауа кедергісін арттыру арқылы ракетаның құлауын баяулатып, жерге жұмсақ қонуын қамтамасыз етеді. Парашюттің материалы жеңіл әрі берік болуы керек, себебі ол жоғары жүктемеге төтеп беріп, жыртылмай жұмыс істеуі қажет. Сонымен қатар, парашюттің ашылу механизмі сенімді болуы керек, өйткені оның уақтылы іске қосылуы құрылғының аман қалуына тікелей әсер етеді. Бұл жүйе ракетаның қайта қолданылуына мүмкіндік беріп, ұшу кезіндегі қауіпсіздікті арттырады.

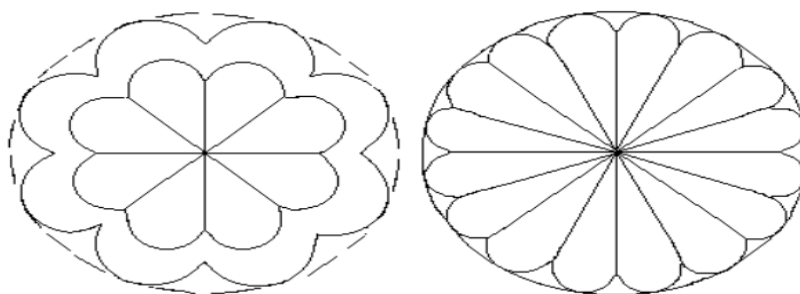
Біз парашютті ашу үшін **соленоид JF-0826 механизмін** қолданамыз, ол белгіленген уақытта іске қосылып, парашютті арнайы контейнерден шығарады. Бұл механизм электрлік басқарумен жұмыс істейді және уақтылы іске қосылуын қамтамасыз етеді. Парашюттің күмбезіне ауа толған кезде ол ракетаға тұрақтылық беріп, оны бірқалыпты төмендетеді. Біз парашюттің диаметрін ракета массасына, атмосфералық жағдайларға және қажетті түсу жылдамдығына қарай есептейміз. Бұл параметрлер ракета құтқару жүйесінің тиімділігіне тікелей әсер етеді. Парашюттің дұрыс жұмыс істеуі үшін оны бірнеше рет сынақтан өткізу қажет. Біз әртүрлі биіктіктерден тестілік ұшырылымдар жасап, парашюттің ашылу уақытын, аэродинамикалық тұрақтылығын және түсу жылдамдығын өлшейміз. Сынақтардан кейін қажет болған жағдайда парашюттің конструкциясына өзгерістер енгіземіз.

Біздің құтқару жүйеміздің негізгі элементі – парашют, ол ракетаның қауіпсіз қонуын қамтамасыз етеді және оны зақымданудан қорғайды. Парашюттің пішіні жалпақ күмбезді (купол) болады, өйткені ол тұрақты түсу траекториясын қамтамасыз етіп, ракетаның айналып кетуіне жол бермейді. Бұл пішін жоғары көтергіш күшке ие және ауада жақсы басқарылатын түсуге мүмкіндік береді. Шағын зымыранымыздың құрылысының жалпы массасы 2-3 кг болғандықтан, жалпақ күмбезді (купол) парашют оның қауіпсіз әрі баяу түсуін қамтамасыз етуге жеткілікті (сурет – 4) [1].



Сурет - 4. Парашюттің ашылу барысы.

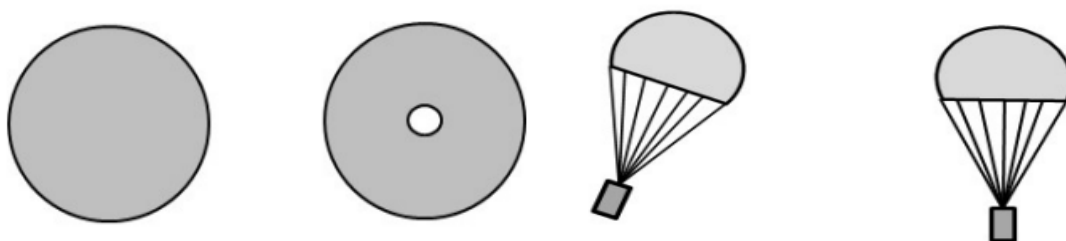
Жалпақ күмбезді (куполды) парашют – бұл жайылған күйінде дөңгелек пішінді, бірақ ашылған кезде тереңдігі аз күмбез тәрізді болатын парашют түрі. Мұндай парашюттің басты ерекшелігі – оның тұрақты түсу траекториясы мен жақсы басқарылуы. Ол ауаға толғанда қатты тербелмей, бірқалыпты түседі. Жалпақ күмбез (купол) көбіне жеңіл салмақты ракеталар мен макеттерге қолданылады, себебі ол түсу жылдамдығын тиімді түрде төмендетіп, құрылғының аман-есен қонуын қамтамасыз етеді. Жалпақ күмбездің (купол) қарапайым құрылымы оны оңай жасауға және жинауға мүмкіндік береді, сондықтан шағын зымыран макеттері үшін өте ыңғайлы (сурет – 5). Біз парашют жасау үшін **жібек матасын** тандап алдық, өйткені ол өте жеңіл, беріктігі жоғары және ауа ағынымен жақсы жұмыс істейді. Жібек материалы зымыран төмендеген кезде парашюттің дұрыс ашылып, қажетті аэродинамикалық қасиеттерге ие болуына көмектеседі. Парашюттің түсу жылдамдығын төмендету үшін біз оның дұрыс жиналуына ерекше назар аударамыз. Егер парашют дұрыс бүктелмесе, ол уақытында ашылмауы немесе дұрыс формаға келмеуі мүмкін. Сондықтан біз бүктеу әдістерін зерттеп, ең тиімді тәсілді қолданамыз.



Сурет-5. Жалпақ күмбез (купол).

Күмбез (купол) ортасындағы қиманың маңызы.

Әрі жалпақ күмбездің (купол) ортасын қию арқылы күмбездің ортасындағы ауаны реттеп, парашюттің тұрақты ашылуын қамтамасыз ету үшін жасалатын тесікті апекс тесігін жасаймыз (сурет – 6). Бұл тесік парашюттің шамадан тыс тербелуін азайтып, тұрақты түсуін қамтамасыз етеді. Парашюттің тербелуін азайтып, орнықты түсуін қамтамасыз етеді. Артық ауаны шығарып, күмбездің (купол) дұрыс ашылуын қамтамасыз етіп, қысымды реттейді. Күмбездің (купол) ауа қалтасына айналып кетуіне жол бермейді. Яғни парашюттың жабылып қалуына жол бермейді Сондай-ақ парашюттің басқарылуын жеңілдетіп, бағыттауға мүмкіндік береді.



Сурет-6. Күмбез ортасындағы қима.

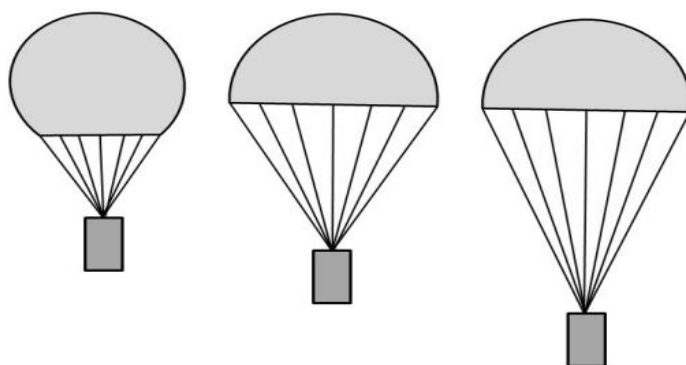
Тартпа жіптердің (строп) маңызы:

Парашюттің жіптері (строп) **8-12 аралығында** болады, өйткені бұл сан жүктемені біркелкі таратып, парашюттің дұрыс ашылуына әсер етеді. Егер жіптер (строп) саны аз болса, күмбез дұрыс ашылмауы мүмкін, ал егер тым көп болса, парашюттің салмағы артып, түсу тиімділігі төмендеуі мүмкін. Жіптер (строп) парашют күмбезіне біркелкі бекітіледі және барлық жүктемені тең бөліп тарату үшін симметриялы орналасады. Парашюттің жіптер (строп) ретінде біз **паракорд жібін** қолданамыз, себебі ол өте берік, икемді және жеңіл. Паракорд жоғары жүктемелерге төзімді және ұзақ уақыт бойы қолдануға жарамды. Бұл жіптер ракета түскен кезде соққыны сіңіріп, парашюттің жарылып кетуіне жол бермейді. Парашют зымыран ең жоғарғы нүктеге жеткенде немесе түсу жылдамдығы белгілі бір шекке жеткенде ашылады.

Тым ұзын жіптер (строп) - Купол кеш ашылады, парашют тұрақсыз болады, басқару қиындайды. Сондай-ақ, купол толық жазылмай, ауа ағыны дұрыс бөлінбей, парашюттің тиімділігі төмендейді. Тым ұзын строп саны олардың шатасып байлануына алып келеді. Тым қысқа жіптер (строп) - Купол

толық ашылмай, дұрыс пішін алмайды, бұл тұрақсыздық пен басқару қиындықтарына әкеледі. Сонымен қатар, парашюттің қатты ашылуы денеге соққы беруі мүмкін, ал строптар шатасып, төтенше жағдай туғызуы ықтимал (сурет – 7).

Паракорд жіптері (строп) зымыранға берік бекітілуі керек, өйткені жүктеме кезінде олар жоғары кернеуге ұшырайды. Біз оларды арнайы түйіндермен немесе бекіту механизмдерімен нығайтып, максималды сенімділікті қамтамасыз етеміз.



Сурет-7. Тартпа жіптердің (строп) түрлері.

Купол диаметрін анықтау үшін эмпирикалық формула қолданылады:

$$D = 1.5 * \sqrt{m} \quad (1)$$

мұндағы m - зымыранның массасы (кг), D – купол диаметрі (м).

$$D = 1.5 * \sqrt{2} \approx 2.1\text{м} \quad (2)$$

Яғни, диаметрі шамамен 2 м болатын купол жарамды. Біздің 2-3кг салмақты зымыран макетіміз үшін диаметрі шамамен 2.12 метр болатын парашют қажет. Егер жұмсақ қону маңызды болса, 2.3-2.5 метрге дейін үлкейтуге болады.

Қорытынды

Осы зерттеу аясында ультра жеңіл класты зымырандар үшін парашюттік құтқару жүйесі әзірленіп, оның конструкциялық және аэродинамикалық сипаттамалары зерттелді. Парашюттің жібек матадан жасалған жалпақ күмбезді түрі таңдалып, оның тұрақты түсу траекториясы мен жұмсақ қонуын қамтамасыз ететін ерекшеліктері қарастырылды. Парашюттің ашылу механизмін сенімді ету үшін соленоид JF-0826 негізінде автоматтандырылған жүйе ұсынылды.

3D модельдеу нәтижелері көрсеткендей, құтқару жүйесінің тиімділігі зымыранның массалық балансы, корпус конструкциясы және парашюттің ашылу механизмі сияқты факторларға байланысты. SolidWorks бағдарламасында жасалған модельдеу зымыранның аэродинамикалық тұрақтылығын қамтамасыз етуге және құрылымдық элементтердің өзара үйлесімділігін тексеруге мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері зымыран құтқару жүйесінің сенімділігін арттыруға бағытталған және оны шағын зымырандарда қолдану тиімділігін дәлелдеді. Болашақта парашют материалы мен ашылу механизмін одан әрі жетілдіру арқылы жүйенің тиімділігін арттыру мүмкіндігі қарастырылады. Бұл жұмыс шағын және орта класты зымырандар үшін құтқару технологияларын жетілдіруге үлес қосады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. И. Соболевтің «Конструкция системы спасения» атты еңбегі
2. Бейсембаев Қ., Иманбеков А. «Ракета және ғарыш техникасы» – Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2018.
3. Сүлейменов Т. «Аэродинамика негіздері және парашюттік жүйелер» – Астана: Назарбаев Университеті баспасы, 2020.
4. Батырбеков Ә. «Ғарыштық техника және оның басқару жүйелері» – Алматы: Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ баспасы, 2019.
5. ГОСТ 3965-2000. «Парашюттік жүйелер. Жалпы техникалық талаптар».
6. Бекенов Қ., Исмаилов М. «Парашют жүйелерінің аэродинамикалық сипаттамалары» – Қазақстан инженерлік-техникалық журналы, 2022.
7. «Динамика парашютных систем» (1985), Шевляков Ю.А., Тищенко В.Н., Темненко В.А., Киев; Одесса: Вища школа, 1985.

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ 3D ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАКЕТЫ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА

Ахметкарим Н. Н., Жолдасбек Г. Ж., Утелиева Н. К.

Аннотация: Для обеспечения повторного использования ракеты и ее безопасного приземления необходима эффективная система спасения. В данном проекте рассматривается парашютная система, предназначенная для ультралегкой ракеты. В качестве парашюта выбрана плоско-купольная конструкция из шелковой ткани, диаметр которой рассчитывается в зависимости от массы ракеты. Для поддержания устойчивости в воздушном потоке предусмотрено апексное отверстие, а в качестве строп используются высокопрочные паракордовые нити. Автоматическое раскрытие парашюта обеспечивается соленоидным механизмом. Данная система управляется электрически и позволяет раскрыть парашют на заданной высоте.

3D-моделирование ракеты выполняется в программе SolidWorks, где анализируются аэродинамические характеристики, распределение нагрузки и интеграция парашютной системы. С помощью 3D-моделей корректируется масс-баланс ракеты, определяется оптимальное расположение контейнера для парашюта и полностью прорабатывается механизм его раскрытия. Результаты моделирования направлены на повышение надежности системы спасения и обеспечение безопасного приземления ракеты.

Ключевые слова: ультралегкая ракета, парашютная спасательная система, шелковая ткань, плоско-купольный парашют, апексное отверстие, паракордовые стропы, соленоид JF-0826, спасательный механизм, 3D-моделирование, программа SolidWorks, датчик высоты, стропы, ракетные технологии.

DEVELOPMENT AND 3D MODELING OF A PARACHUTE RECOVERY SYSTEM FOR AN ULTRA-LIGHT CLASS ROCKET

Akhmetkarim N. N., Zholdasbek G. Zh., Uteliyeva N. K.

Abstract: To ensure the reusability of a rocket and its safe landing, an efficient recovery system is required. This project focuses on a parachute system designed for an ultra-light class rocket. A flat-dome parachute made of silk fabric is selected, with its diameter calculated based on the rocket's mass. To maintain air stability, an apex vent is included, and high-strength paracord material is used for parachute suspension lines. A solenoid mechanism is installed to ensure the automatic deployment of the parachute. This system is electrically controlled and enables the parachute to open at a predetermined altitude.

The 3D modeling of the rocket is carried out in SolidWorks, where aerodynamic characteristics, load distribution, and parachute system integration are analyzed. Using 3D models, the rocket's mass balance is adjusted, the optimal placement of the parachute container is determined, and the deployment mechanism is fully refined. The modeling results contribute to improving the reliability of the recovery system and ensuring the safe landing of the rocket.

Keywords: ultra-light class rocket, parachute recovery system, silk fabric, flat-dome parachute, apex vent, paracord suspension lines, solenoid JF-0826, recovery mechanism, 3D modeling, SolidWorks software, altitude sensor, riser cords, rocket technologies.

УДК

ҚЫСЫМ ДАТЧИГІ МЕН СОЛЕНОИД НЕГІЗІНДЕ УЛЬТРА ЖЕҢІЛ КЛАСТЫ ЗЫМЫРАННЫҢ ҚҰТҚАРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Ғұсман Ә.С.¹ , Саурбекова А.Б.¹ , Утелиева Н.К.^{1,2} 

¹«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» КЕАҚ,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтурсынұлы к-сі, 126/1

² «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті» КЕАҚ,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

E-mail: a.gusman@aes.kz
a.saurbekova@aes.kz
n.utelyeva@aes.kz

Андатпа: Қазіргі таңда зымыран технологияларын дамытуда олардың көп реттік қолданылуы мен қауіпсіздігі маңызды мәселе болып табылады. Әсіресе, ультра жеңіл класты зымырандар үшін құтқару жүйелерін тиімді басқару үлкен өзектілікке ие. Бұл зерттеу қысым датчигі мен соленоид негізінде автоматтандырылған құтқару жүйесін әзірлеуге бағытталған. Жүйенің негізгі мақсаты – ұшу барысында зымыранның биіктігін дәл анықтап, белгіленген межеде парашютті уақтылы ашу арқылы аппараттың қауіпсіз қонуын қамтамасыз ету. Зерттеу барысында BMP280 қысым датчигінің және соленоидтың интеграциясы арқылы құтқару жүйесінің жұмыс істеу принциптері қарастырылды. Сонымен қатар, Arduino Nano платформасында жүйені басқару алгоритмдері әзірленіп, оның сенімділігі мен тиімділігі модельдеу және тәжірибелік сынақтар арқылы тексерілді. Жүйенің тұрақты жұмыс істеуі үшін электрлік схемалар оңтайландырылды, ал бағдарламалық код жүйенің реакция уақытын қысқарту мақсатында жетілдірілді. Бұл жүйені енгізу зымыранды көп реттік қолдануға мүмкіндік беріп, зерттеу шығындарын төмендетуге, сондай-ақ эксперименттік жұмыстардың қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді.

Кілт сөздер: Құтқару жүйесі, ультра жеңіл зымыран, қысым датчигі, соленоид, Arduino Nano, парашютті ашу, автоматтандырылған басқару.

Кіріспе

Ежелгі заманнан бері объектілердің қозғалу жылдамдығын төмендетуге және олардың жұмсақ, қауіпсіз қонуын қамтамасыз етуге бағытталған әртүрлі құтқару әдістері жасалды. Бұл әдістер мен механизмдер адамның авиатор немесе зымыраншы ретінде көкке ұшу мүмкіндіктерін фауна мен флора үшін тиімді және орындау мүмкіндігімен қамтамасыз етуге арналған. Осындай әдістердің бірі – аэродинамикалық тежеуді қолданатын парашют жүйесі.

Қазіргі заманғы құтқару жүйелері авиация, ғарышкерлік, сондай-ақ әуесқой зымыран техникасында кеңінен қолданылады. Бұл жүйелер түрлі мақсаттарға арналған: жүктерді жеткізу, ұшақтарды құтқару, пайдалы жүктемені қалпына келтіру және зақымданудың алдын алу. Әрине, технологияның прогресі зымырандарды құтқарудың жаңа әдістерін әзірлеу мүмкіндігін береді, тіпті ультра жеңіл модельдер үшін де. Бұл саладағы инновациялар мен жаңа идеялар жүзеге асатын жобалар ғылыми зерттеу мен техникалық прогресстің негізін құрайды. Құтқару жүйесі – ультра жеңіл зымырандардың жерге қауіпсіз және компоненттерге зақым келтірмей жерге түсіру үшін қажет жүйе [1].

Зымыранның құтқару жүйесі модельдік зымыранның негізгі элементі болып табылады. Оның басты міндеті – зымыранның және оның пайдалы жүктемесінің жерге қауіпсіз оралуын қамтамасыз ету, сондай-ақ зақымданудың алдын алу. Бұл жүйе қауіпсіздікті қамтамасыз ету және жағымсыз жағдайларды болдырмау мақсатында техника мен технологияларды тиімді пайдалану үшін қажетті құрылғы болып табылады.

Ғарыштық зерттеулер мен зымыран технологиялары қарқынды дамып келе жатқан заманда олардың сенімділігі мен қауіпсіздігі маңызды мәселе болып отыр. Зымырандардың қайта пайдаланылуы және олардың жерге қауіпсіз қонуын қамтамасыз ету үшін тиімді құтқару жүйелерін әзірлеу қажеттілігі туындайды. Ультра жеңіл класты зымырандар ғылыми зерттеулер, атмосфералық бақылау, сынақтық эксперименттер және оқу мақсаттарында кеңінен қолданылады. Дегенмен, бұл зымырандардың жоғарғы биіктікке көтерілуіне байланысты, олардың жерге оралуы кезінде зақымдану қаупі жоғары.

Бұл мақала атмосферада ұшуға арналған ультра жеңіл зымырандарды құтқару жүйесін әзірлеуге арналған. Жүйенің басты ерекшелігі – парашютті белсендіру үшін электромагниттік механизмді қолдану. Осындай заманауи технология жүйенің сенімді және уақтылы іске қосылуын қамтамасыз етеді, сондай-ақ әуесқой зымыран техникасында қолдануға бағытталған.

Зерттеудің мақсаты – қысым датчигі мен соленоид негізінде жұмыс істейтін автоматтандырылған құтқару жүйесін әзірлеу. Бұл жүйе зымыран ұшу барысында биіктік мәнін өлшеп, алдын ала белгіленген межеге жеткен кезде парашют механизмін іске қосады. Осы арқылы зымыранның жерге қауіпсіз түсуін қамтамасыз етеді.

Құтқару жүйесін әзірлеу барысында төмендегі негізгі компоненттер қолданылды(1 – сурет):

- BMP280 қысым датчигі – зымыранның биіктігін нақты анықтау үшін пайдаланылады. Бұл датчик атмосфералық қысымды, температураны өлшейтін және биіктікті есептей алатын жоғары дәлдіктегі цифрлық датчик. Бұл сенсор негізінен метеорологиялық станцияларда, альтиметрлерде, дрондарда және зымырандық технологияларда кеңінен қолданылады. Ол I2C және SPI интерфейстері арқылы микроконтроллерлермен байланыса алады.

- Соленоид – парашютті ашатын механизмді іске қосу үшін қолданылады. Соленоид – бұл электромагниттік механизм, ол электр тогын беру арқылы механикалық қозғалысты тудыратын құрылғы. Ол электромагниттік өріс құру арқылы металды өзіне тарту немесе итеру принципімен жұмыс істейді.

- Arduino Nano – барлық жүйені басқару мен деректерді өңдеу үшін негізгі микроконтроллер. Arduino Nano – шағын, қуатты және арзан микроконтроллер платформасы. Ол кішігірім автоматтандырылған жүйелерді басқару үшін кеңінен қолданылады. Бұл микроконтроллер атап айтқанда, зымыран құтқару жүйелерінде сенсорлардан ақпарат алып, соленоид секілді орындаушы құрылғыларды басқару үшін қолданылады.

- MOSFET транзисторы – соленоидтың қосылуын басқару үшін қолданылады. MOSFET транзисторы – металл-оксид-жартылай өткізгіш өрістік транзисторы, яғни электр өрісі арқылы басқарылатын жартылай өткізгіш құрылғы. Ол жоғары жылдамдықты және аз қуат тұтынатын басқару элементі ретінде қолданылады.

- Қуат көзі (18650 батареясы) – барлық электронды жүйені қуаттандыру үшін қажет.



Сурет – 1. Жүйенің компоненттері.

Зымырандарды құтқару жүйесінің маңызы және жұмыс принциптері

Қазіргі уақытта әртүрлі күрделілік деңгейіндегі зымыран модельдерінің көптеген түрлері бар, олардың басты ерекшеліктерінің бірі – құтқару жүйесінің (ҚЖ) болуы. Бұл жүйе зымыранның жерге қауіпсіз түсуін қамтамасыз ету, электрондық құрылғылардың зақымдануын болдырмау және мәліметтерді сәтті сақтау үшін қолданылады. Сонымен қатар, құтқару жүйесі қайта қолдануға болатын зымыран компоненттерін сақтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өндіріс шығындарын төмендетеді және зерттеулердің тиімділігін арттырады.

Құтқару жүйесінің негізгі жұмыс принципі – зымыранның корпусын және оның бас бөлігін ажыратып, парашютті уақытылы ашу. Бұл процесс атмосфералық қысымның өзгерісіне, биіктік мәніне немесе уақыт есептеуішіне негізделуі мүмкін. Ажырату механизмі іске қосылған кезде, зымыранның бөлінетін бөліктері жоғары кинетикалық энергияға ие болады, сондықтан қосылу элементтеріне түсетін жүктеме жоғары.

Біздің жүйеде зымыранның екі негізгі бөлігі паракорд жіптерімен біріктірілген. Құтқару жүйесінің тиімділігі оның дұрыс есептелген параметрлеріне, пайдаланылатын материалдардың беріктігіне, электромеханикалық компоненттердің дәлдігіне және бағдарламалық басқару алгоритмінің сенімділігіне тікелей байланысты. Бұл жүйе зымыран технологияларының болашақ дамуы үшін маңызды элемент болып табылады [2].

Жүйеде зымыранның биіктігін анықтау үшін BMP280 қысым датчигін пайдаланылады. Датчик атмосфералық қысымның өзгеруіне негізделген биіктікті есептейді. Егер зымыран белгілі бір биіктікке көтерілсе, Arduino Nano алынған деректерді өңдейді және биіктік төмендей бастағанын анықтаған кезде соленоидты іске қосады. Соленоид механикалық құлыпты босатып, парашют ашылады, осылайша зымыран баяулап, жерге қауіпсіз қонады.

Бұл жүйе зымыранның ұшу траекториясын талдап, оның апогей нүктесіне жеткенін автоматты түрде анықтау үшін BMP280 қысым датчигін пайдаланады. Датчик атмосфералық қысымның өзгерісіне негізделген биіктікті есептейді. Егер зымыран белгілі бір биіктікке көтерілсе, Arduino Nano алынған деректерді өңдеп, алдын ала белгіленген шекті биіктік мәніне жеткен кезде жүйені күту режиміне ауыстырады.

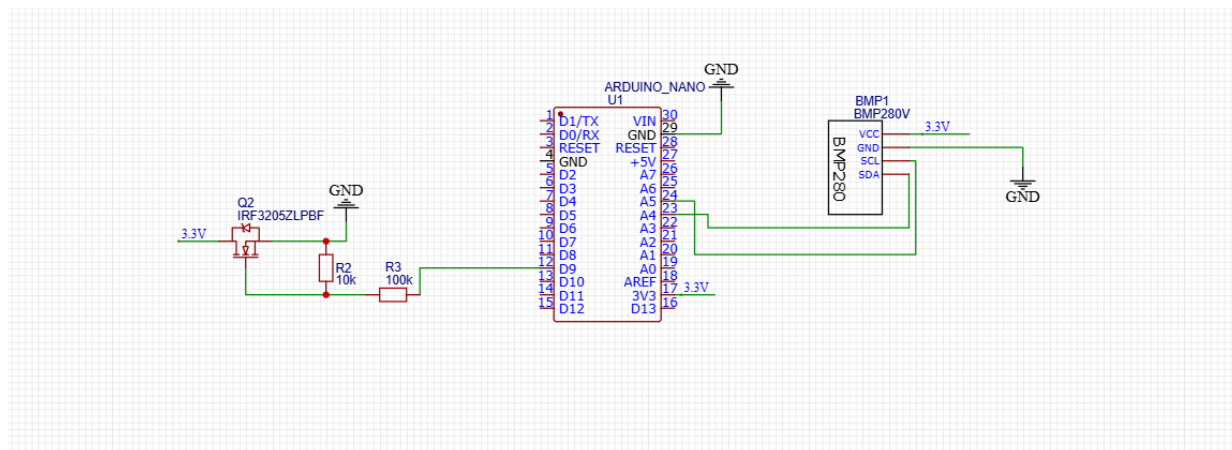
Зымыран биіктік шегіне жетіп, төмендей бастаған сәтте, Arduino Nano соленоидқа HIGH сигналын жібереді. Соленоид механикалық құлыпты босатып, парашют ашылады, осылайша зымыран баяулап, жерге қауіпсіз қонады.

Жүйе іске қосылғаннан кейін BMP280 қысым датчигі атмосфералық қысымды өлшеп, бастапқы мәнмен салыстырады. Зымыран көтерілу кезінде датчик биіктікті нақтылап есептеп, Arduino-ға жібереді. Arduino Nano алынған деректерді өңдейді және апогейдің жақындағанын анықтайды. Егер зымыран белгіленген апогейге жетсе, жүйе күту режиміне өтеді және бірнеше секунд ішінде қысым көрсеткіштерінің тұрақтылығын тексереді. Егер биіктік төмендей бастаған болса, бұл зымыранның төмен құлдылай бастағанын білдіреді. Arduino Nano соленоидқа HIGH сигналын жібереді, бұл механикалық құлыпты ашып, парашюттің сәтті ашылуына әкеледі. Парашют ашылғаннан кейін зымыран аэродинамикалық тежелу есебінен баяулап, қауіпсіз жерге қонады. Қону сәтінен кейін жүйе толықтай тоқтайды, және қайта пайдалануға дайын күйге келеді.

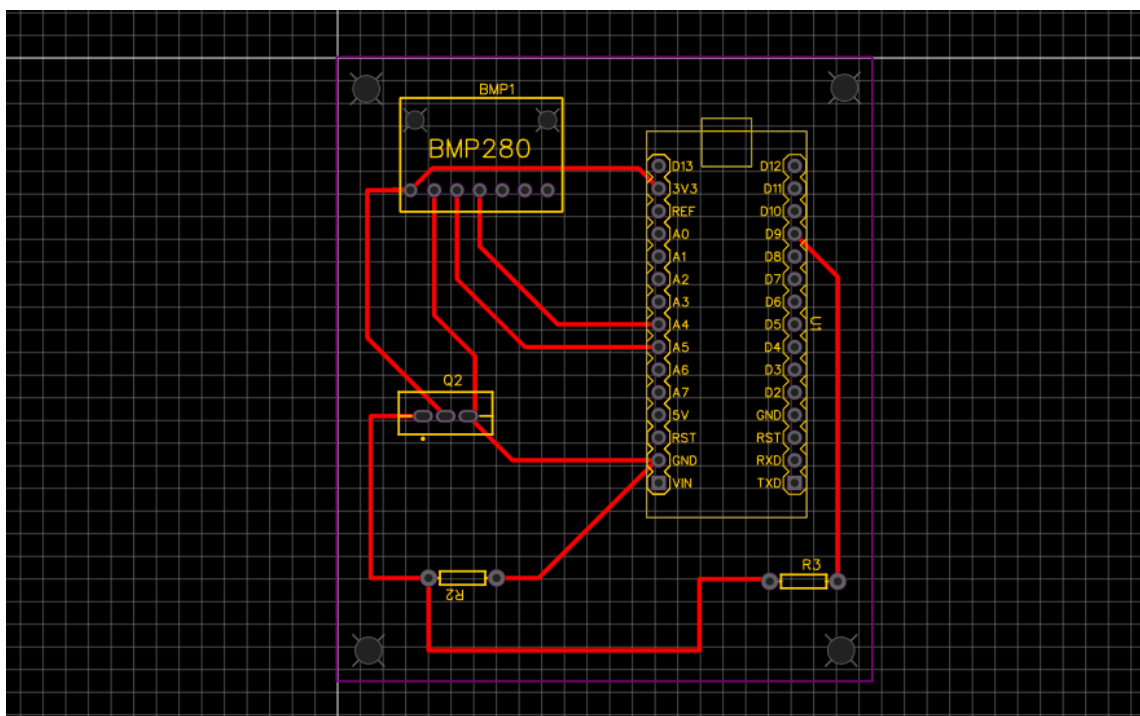
Бұндай жүйенің артықшылығы автоматтандырылған басқару, яғни адамның көмегінсіз өздігінен жұмыс жасауы. Осы жүйеде арнайы 18650 аккумуляторы қолданылады, бұл аккумулятор 2-3 қолданысқа жарайды. Осылайша бұл зымыранға кететін шығынды азайтады. Келесі артықшылық бұл энергия тиімділігі, себебі бұл жүйеде MOSFET-транзисторлар мен соленоид арқылы минималды қуат шығыны алынады. Және де жүйе жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді, өйткені BMP280 қысым датчигі ± 1 м дәлдікпен биіктікті өлшейді [3].

Осы компоненттердің барлығы EasyEDA және Candle (2, 3-сурет) платформаларында электрлік схема ретінде жобаланды.

Жүйенің EasyEDA платформасындағы схемасы:



Сурет – 2. EasyEDA платформасында жобалануы.

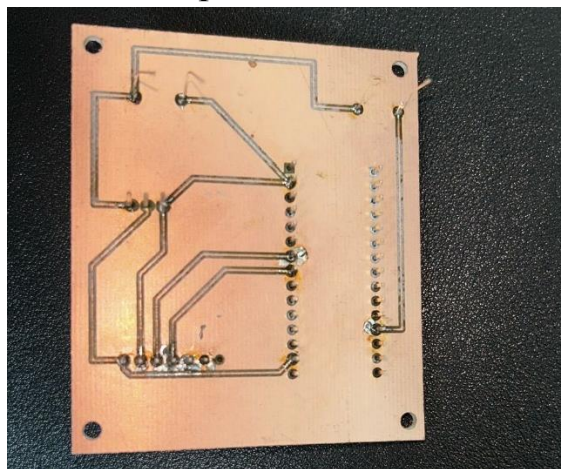


Сурет – 3. Жүйені платаға салу үшін жобалау.

Жүйенің Candle программасындағы жобаланған сызбасын «Сандық бағдарламалық басқару» (ЧПУ) (4-сурет) аппаратында платаға басып шығарамыз.

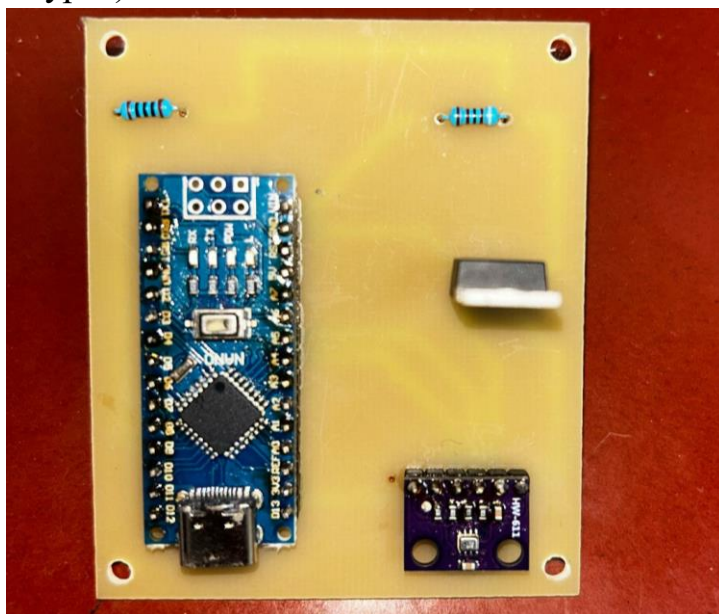
Сандық бағдарламалық басқаруы (ЧПУ) бар фрезерлік станок – бұл әртүрлі материалдарды (металл, ағаш, пластик, композициялық материалдар

және т.б.) жоғары дәлдікпен өңдеуге арналған жабдық, ол айналмалы фрезерлік құралдың көмегімен жұмыс істейді.



Сурет – 4. Сызбаны СББ аппаратында платаға басып шығару

Осы дайын платадағы сызбамызға BMP280 қысым датчигін, Arduino Nano, қуат көзі (18650 батареясын), MOSFET транзисторды, резисторды дәнекерлейміз (5-сурет).

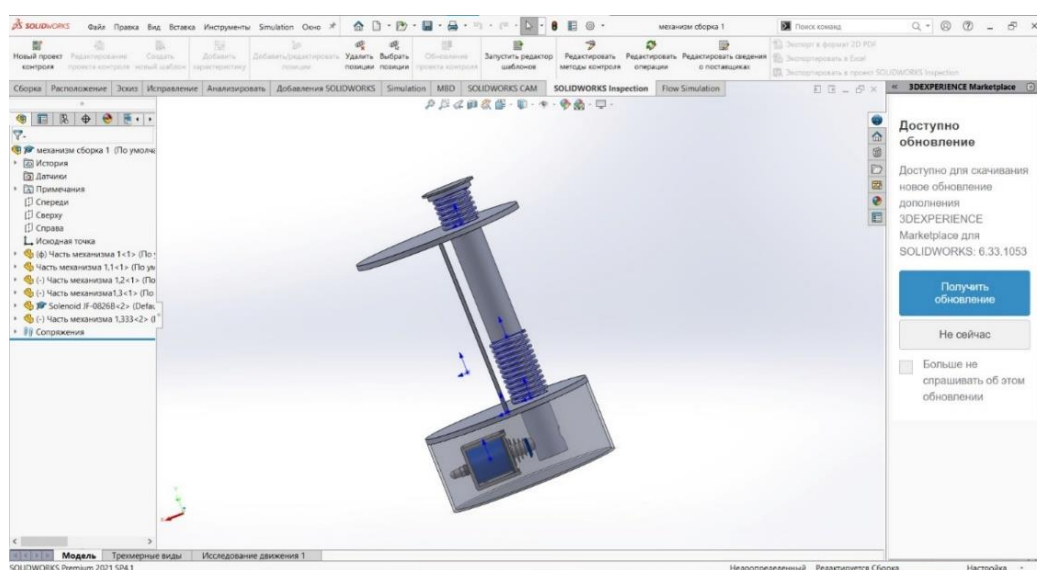


Сурет – 5. Платаға компоненттерді дәнекерлеу

Бұл механизм парашютты шығару жүйесі болып табылады, ол **JF-0826** соленоиды мен екі серіппенің көмегімен жұмыс істейді. Бастапқы күйде парашют корпусының ішінде ұсталады, оны бекіту механизмі соленоид арқылы бекітеді. Соленоидты басқару **EasyEDA** платформасында арнайы әзірленген плата арқылы жүзеге асырылады, ол қажетті сәтте кернеу береді. Жүйе іске қосылғанда, соленоид бекіткіш элементті тартып алады, осылайша ұстап тұру

механизмі босатылады. Босаған серіппелер парашютті корпустан тез итеріп шығарады, бұл оның жылдам ашылуын қамтамасыз етеді. Парашют толық ашылғаннан кейін, ол зымыранның құлауын баяулатады. Қонғаннан кейін жүйені қайта зарядтап, қайта қолдануға болады.

Бұл механизмнің **3D** үлгісі **SolidWorks** бағдарламасында жасалған (6-сурет), онда барлық бөлшектердің орналасуы мен жұмысы егжей-тегжейлі модельденген. Бұл жобаны нақты жинамас бұрын жүйенің қалай жұмыс істейтінін көруге және талдауға мүмкіндік береді [4].



Сурет – 6. Жүйенің 3D моделі.

Қорытынды

Мақала атмосферада ұшуға арналған ультра жеңіл зымырандардың құтқару жүйесін әзірлеуге арналған. Жүйенің басты ерекшелігі – парашютті белсендіру үшін электромагниттік механизмнің қолданылуы. Бұл заманауи технология жүйенің жоғары сенімділігі мен жылдам жұмысын қамтамасыз етіп, құтқару механизмнің дәл уақытында іске қосылуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, аталған жүйе әуесқой зымырандар мен зерттеу мақсатындағы ұшу аппараттарында қолдануға ыңғайлы әрі тиімді болып табылады. Электромагниттік басқару жүйесінің арқасында парашютті ашу процесі өте дәл әрі қауіпсіз жүзеге асырылады, бұл зымыранның ұшу кезіндегі авариялық жағдайларда оның қауіпсіз түрде жерге қонуын қамтамасыз етеді. Мұндай шешімдер ультра жеңіл зымырандардың технологиялық жетілдірілуіне үлкен үлес қосып, олардың көпшілік қолдануға қолжетімділігін арттырады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Е. В. Красилов, А. М. Савченко, П. А. Орлин, Научный руководитель – В. В. Кольга ДЕМПФИРУЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ СПАСЕНИЯ МОДЕЛЕЙ РАКЕТ, 2018.
<https://cyberleninka.ru/article/n/dempfiruyuschaya-konstruktsiya-dlya-sistemy-spaseniya-modeley-raket/viewer>
2. П.Ю. Павленко, Д.И. Побережный, З.С. Гарбузов, И.С. Удовик, М.В. Лысенко, А.М. Колчин, А.С. Васильев, Д.Р. Рахимов МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия 2РТУ МИРЭА, Москва, 119454, Россия, «Проектирование модельной ракеты с активной стабилизацией и ориентацией в плоскости стрельбы на пассивном и активном участках траектории».
3. <https://kia-soft.narod.ru/interests/rockets/rk3/safety/safety.htm>
4. Тестоедов Н.А., Кольга В.В., Семенова Л.А. Проектирование и конструирование баллистических ракет и ракетоносителей: учеб. пособие ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2014. 308 с.
5. «Ультра жеңіл зымыран Алдан». Мақалада алғашқы ұшыруларда құтқару жүйесінің макеттерін пайдалану және оларды біртіндеп енгізу қарастырылған «Алдан» ультра жеңіл зымыранының жобасы сипатталады.
6. Б. И. Губанов. «Энергия» зымыранының триумфы мен трагедиясы. Бұл кітапта «Энергия» зымыран-тасығышын жасау тарихы қарастырылады, оның ішінде зымыранның бөлініп шығатын энергиясын тиімді пайдалану мүмкіндіктері мен құтқару жүйелерін құруға қатысты мәселелер талданады.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ УЛЬТРАЛЁГКОЙ РАКЕТЫ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ И СОЛЕНОИДА Ә.С Ғұсман, А.Б Саурбекова, Н.К Утелиева

Аннотация: В настоящее время при разработке ракетных технологий особую важность приобретают их многообразие и безопасность. Особенно актуальной задачей является эффективное управление спасательными системами для ультралёгких ракет. Данное исследование направлено на разработку автоматизированной системы спасения на основе датчика давления и соленоида. Основной целью системы является точное определение высоты ракеты в полёте и своевременное раскрытие парашюта на заданной отметке для обеспечения её безопасного приземления. В ходе исследования были рассмотрены принципы работы спасательной системы, интегрирующей датчик давления BMP280 и соленоид. Кроме того, были разработаны алгоритмы управления системой на платформе Arduino Nano, а её надёжность и эффективность проверены с помощью моделирования и экспериментальных испытаний. Для стабильной работы системы была оптимизирована электрическая схема, а программный код улучшен с целью сокращения времени реакции системы. Внедрение данной системы позволит повысить многообразие ракеты, снизить затраты на исследования и повысить безопасность экспериментальных работ.

Ключевые слова: Спасательная система, ультралёгкая ракета, датчик давления, соленоид, Arduino Nano, раскрытие парашюта, автоматизированное управление.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR THE RESCUE SYSTEM OF AN ULTRALIGHT ROCKET BASED ON A PRESSURE SENSOR AND A SOLENOID

Gusman A., Saurbekova A., Uteliyeva N.

Abstract: Currently, in the development of rocket technologies, reusability and safety are of particular importance. One of the most relevant challenges is the effective management of rescue systems for ultralight rockets. This study focuses on the development of an automated rescue system based on pressure sensors and solenoids. The main goal of the system is to accurately determine the rocket's altitude during flight and to timely deploy the parachute at a predetermined height, ensuring a safe landing. The research examines the principles of operation of the rescue system, which integrates a **BMP280** pressure sensor and a solenoid. In addition, control algorithms for the system were developed on the Arduino Nano platform, and its reliability and efficiency were tested through modeling and experimental trials. For stable operation, the electrical circuit was optimized, and the software code was improved to reduce system response time. The implementation of this system will increase the reusability of the rocket, reduce research costs, and enhance the safety of experimental operations.

Keywords: Rescue system, ultralight rocket, pressure sensor, solenoid, Arduino Nano, parachute deployment, automated control.

УДК

МАРС ҮНГІРЛЕРІН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН SPOT РОБОТЫН ПАЙДАЛАНАТЫН БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ЖОБАЛАУ

Жалғас Б.Ж.¹ , Ибрагимов Д.А.¹ , Утелиева Н.К.^{1,2} 

¹«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті» КЕАҚ,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтурсынұлы к-сі, 126/1

² «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті» КЕАҚ,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

E-mail: b.zhalgas@aes.kz
d.ibragimov@aes.kz
n.utelyeva@aes.kz

Андатпа: Бұл зерттеу Марс үңгірлеріндегі сенімді байланыс жүйесін құруға бағытталған. Марс үңгірлері болашақ ғарыштық зерттеулер мен қоныстану үшін маңызды ғылыми нысандардың бірі болып табылады, себебі олар ғарыштық радиациядан табиғи қорғаныс қамтамасыз етеді, температуралық тұрақтылыққа ие және су мұзының ықтимал көзі болуы мүмкін. Дегенмен, үңгірлерде радиотолқындардың таралуы бірқатар қиындықтар тудырады, атап айтқанда, сигналдың әлсіреуі, шағылысуы, сіңірілуі және бөгеттердің болуы. Бұл зерттеу LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) технологиясы негізінде энергия тиімді және ұзақ қашықтыққа жететін байланыс жүйесін әзірлеуді ұсынады. LoRaWAN 868 МГц немесе 433 МГц жиілік диапазонында жұмыс істеп, төмен қуат тұтыну (бірнеше милливатт) және ұзақ қашықтықтағы (5–15 км) сигнал тарату мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Жүйенің негізгі архитектурасы ретінде Spot роботы жылжымалы байланыс түйіні ретінде әрекет етіп, LoRaWAN модулі мен ретрансляторларды алып жүреді және зерттеу аймағында орналастырады. Үңгір ішінде сызықтық немесе Mesh-топологиялы ретрансляциялық желі құрылып, ретрансляторлар арасында 1–2 км арақашықтық сақталады. Базалық станция үңгірдің кіреберісінде орналасып, Жермен немесе орбиталық спутникпен байланыс орнату қызметін атқарады. Зерттеу барысында радиотолқындардың таралуын модельдеу, үңгір қабырғаларының әсерін есептеу, энергия тұтыну мен автономдылықты талдау жүргізілді. Нәтижелер көрсеткендей, LoRaWAN төмен жиілікті қолданатындықтан, сигналдың шағылысу және сіңірілу әсерлері азаяды, бұл оны үңгірлер үшін тиімді байланыс шешімі етеді.

Кілт сөздер: Марс үңгірлері, LoRaWAN, Spot роботы, ретрансляциялық желі, mesh-топология, базалық станция.

Марс үңгірлері рельефінің радиосигналдардың таралуына әсері

(1-кестеде) Марс үңгірлерінің рельефі мен ортасының радиосигнал таралуына тигізетін негізгі факторлары талданған. Марстың үңгірлері күрделі геометриялық құрылымдарға ие болғандықтан, радиосигналдардың таралуына елеулі әсер етеді. Үңгір қабырғаларының шағылысуы сигналдың көпсәулелі таралуына әкеліп, интерференцияны туғызады. Жыныстардың тығыздығы мен құрамына байланысты сигналдың қосымша 10–20 дБ әлсіреуі байқалады. Сондай-ақ, тар өткелдер мен бұрылыстар радиосигналды толығымен бөгеіп, сигналдың 90%-ға дейін әлсіреуін туғызуы мүмкін. Марстың сиретілген атмосферасы сигналдың таралу шығындарын 5–10 дБ шамасына төмендетеді, бұл радиобайланыс үшін қолайлы жағдай жасайды. Байланыс жүйесінің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін төмен жиілікті LoRaWAN технологиясы, стратегиялық нүктелерде орналастырылған ретрансляторлар, бағытталған антенналар мен сигнал күшейткіштері сияқты техникалық шешімдер ұсынылған.

Кесте 1 –Марс үңгірлері рельефінің радиосигнал таралуына әсер ететін факторлар

Фактор	Әсері	Технологиялық шешім
Үңгір қабырғаларының шағылысуы	Сигнал 2–5 есе шағылысады, көпсәулелі таралу және интерференция туындайды.	Антенналарды стратегиялық орналастыру, бағытталған антенналарды қолдану.
Жыныстар арқылы сигналдың сіңірілуі	Сигналдың 10–20 дБ әлсіреуі байқалады, жыныстың құрамына байланысты.	Төмен жиілікті (433–868 МГц) сигналдарды қолдану, қосымша сигнал күшейткіштерді пайдалану.
Тар өткелдер мен бұрылыстар	Тар өткелдерде сигнал 90%-ға дейін әлсіреуі мүмкін, көлеңкелену аймақтары пайда болады.	Ретрансляторларды бұрылыстар алдында және кеңейтілген аймақтарда орнату.
Қабырғалардың кедір-бұдырлығы	Кедір-бұдыр беттер сигналды 5–15 дБ қосымша әлсіретуі мүмкін.	Кедір-бұдырлы беттерге арналған сигнал фильтрлерін және қуатты күшейткіштерді қолдану.
Марстың сиретілген атмосферасы	Атмосфераның сиректігі еркін таралу шығындарын 3–4 дБ азайтады.	Энергия тиімділігін арттыру үшін LoRaWAN қолдану, төмен жиілікті пайдалану.

Жыныстың құрамы мен тығыздығы	Металл құрамды жыныстар сигналды 15–30 дБ әлсіретеді, құрғақ жыныстар әсері 5–10 дБ.	Жыныстың құрамын алдын ала зерттеп, сигнал таралуын модельдеу.
Ретрансляторлардың орналасуы	Ретрансляторлар арасындағы қашықтық 500–2000 м аралығында болуы керек.	Оптималды қашықтықты есептеу, автоматты ретранслятор орнату жүйесін әзірлеу.
Көпсәулелі таралу (Multipath Effect)	Көпсәулелі таралу әсерінен сигнал 10–25% тұрақсыздануы мүмкін.	Қабылдағыштардың көпжолалы сүзгілерін пайдалану, алгоритмдерді бейімдеу.
Температуралық өзгерістер	Температура ауытқуы –120°С-тан +20°С-қа дейін, электрониканың жұмысына әсер етеді.	Жабдыққа термореттеу жүйелерін орнату, төмен температураға төзімді компоненттерді таңдау.
Электромагниттік кедергілер	Радиациялық деңгей Жерден 100 есе жоғары, ұзақ уақытты пайдалану үшін қорғаныс қажет.	Электромагниттік экрандау, радиациядан қорғайтын материалдар қолдану.

Байланыс технологияларын салыстыру және таңдау

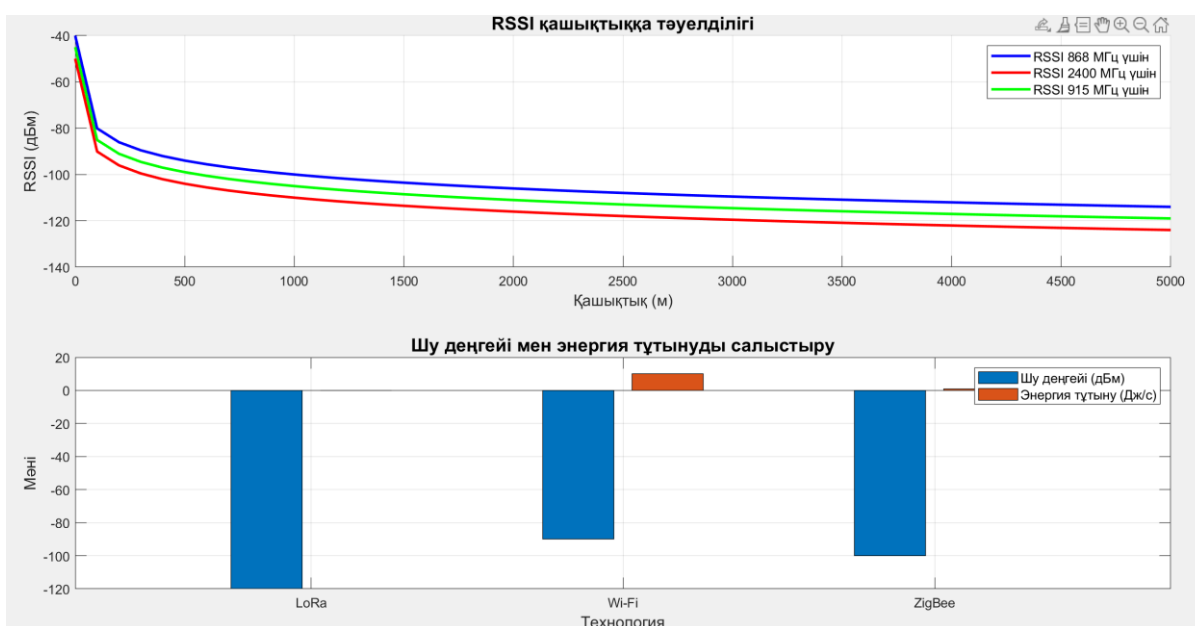
Кесте 2 – Алысқа әсер ететін және энергияны аз тұтынатын сымсыз байланыс технологиясын салыстыру.

Сипаттамалары	LoRa (LoRaWAN)	Wi-Fi	ZigBee
Қашықтық	2–3 км	100–200 м	10–100 м
Өткізу қабілеті	Төмен (50 Кбит/с дейін)	Жоғары (Мбит/с - Гбит/с)	Төмен (250 Кбит/с дейін)
Энергия тұтыну	Өте төмен	Жоғары	Өте төмен
Жүзеге асыру қиындығы	Орташа	Төмен	Орташа
Mesh-топологиясы	Шектеулі, жетілдірулермен мүмкін	Мүмкін (802.11s)	Бастапқыда Mesh-бағдарлы
Сигналдың өтімділігі	Жақсы	Орташа	Орташа
Үңгірлерге қолданылуы	Жоғары, алыс байланыс және ретрансляция үшін	Шектеулі, тек жергілікті	Орташа, ретрансляция үшін жақсы

LoRaWAN технологиясы Марс үңгірлерінде байланыс жүйесін ұйымдастыру үшін ең тиімді шешімдердің бірі болып табылады. Бұл технология 5-15 км-ге дейінгі қашықтықта тұрақты байланыс орнатуға

мүмкіндік береді, ал үңгір жағдайында бірнеше ретрансляторларды қолдану арқылы бұл көрсеткіш одан әрі кеңейтіле алады. Үңгірлердің күрделі құрылымы мен тікелей көру шектеулеріне қарамастан, LoRaWAN сигналының алысқа таралу қабілеті тұрақты және сенімді байланысты қамтамасыз етеді.

Энергия тиімділігі – LoRaWAN технологиясының басты артықшылықтарының бірі. Оның құрылғылары өте төмен қуат тұтынады, бұл автономды ретрансляторлардың батареядан ұзақ уақыт жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.



1–сурет. Байланыс технологияларын салыстыру графигі.

Бірінші график RSSI (қабылданған сигнал қуаты) параметрінің қашықтыққа тәуелділігін көрсетеді. RSSI мәні сигналдың еркін кеңістіктегі шығындары (FSPL) және таратқыштың қуаты негізінде есептеледі:

$$\text{Path Loss(dB)} = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) + 20 \cdot \log_{10}\left(4 \cdot \frac{\pi}{c}\right) \quad (1)$$

мұнда d – таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтық (м); f – сигнал жиілігі (Гц); c – жарық жылдамдығы (3×10^8 м/с). Бұл формула сигналдың тек еркін кеңістікте таралуын есептейді және қосымша ортаның әсерін ескермейді.

$$\text{RSSI(dBm)} = \text{Таратқыш қуаты(dB)} - \text{Path Loss(dB)} \quad (2)$$

мұнда таратқыш қуаты – сигналдың таратқышта берілген бастапқы қуаты, ал Path Loss – жоғарыда келтірілген еркін кеңістіктегі шығындар.

Екінші графикте LoRa, Wi-Fi және ZigBee технологияларының шу деңгейі мен энергия тұтынуы салыстырылған. Шу деңгейін есептеу үшін келесі формула қолданылады:

$$\text{Noise Floor(dBm)} = N_0 + 10 \cdot \log_{10}(\text{Bandwidth}) \quad (3)$$

мұнда N_0 – жылулық шу қуатының спектрлік тығыздығы (-174 дБм/Гц); Bandwidth – сигналдың өткізу жолағы (Гц). Бұл параметр сигнал сапасын анықтауда маңызды рөл атқарады.

Энергия тұтынуды есептеу үшін келесі формула пайдаланылады:

$$\text{Energy Consumption(J/s)} = (\text{Energy per bit}) \cdot \text{Data rate(bit/s)} \quad (4)$$

мұнда Energy per bit – бір бит деректі жіберуге жұмсалатын энергия мөлшері, ал Data rate – деректерді жіберу жылдамдығы.

Қоршаған орта жағдайларын талдау

Марсиандық үңгірлерде сигнал жыныстар мен әртүрлі кедергілер арқылы өткен кезде қосымша шығынға ұшырайды:

$$\text{Attenuation(dB)} = \alpha \cdot d \quad (5)$$

мұнда α – ортаның қасиеттеріне байланысты алынатын әлсіреу коэффициенті (дБ/м); d – сигналдың үңгір ішіндегі өткен қашықтығы (м). Әлсіреу коэффициенті үңгір жыныстарының құрамына байланысты тәжірибелік жолмен анықталады.

Жалпы сигнал шығындары екі модельді біріктіру арқылы есептеледі:

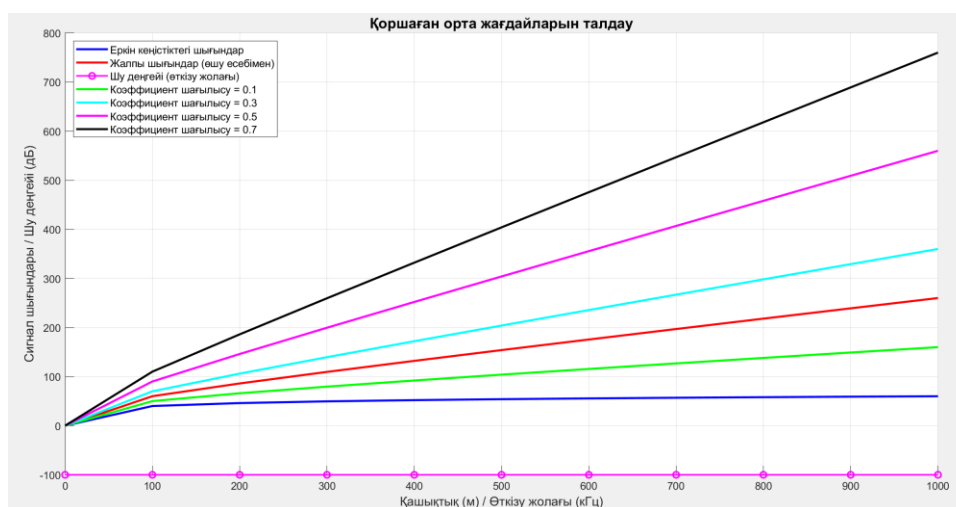
$$\text{Total Loss(dB)} = \text{Path Loss(dB)} + \text{Attenuation(dB)} \quad (6)$$

мұнда Path Loss – еркін кеңістіктегі шығындар, Attenuation – қосымша әлсіреу. Бұл жалпы шығын үңгір ішіндегі нақты жағдайға сай келеді және радиобайланыс сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

Үңгір қабырғаларынан сигналдың шағылысуы келесі формуламен есептеледі:

$$\text{Reflection Loss(dB)} = 20 \cdot \log_{10}(d) + \beta \cdot d \quad (7)$$

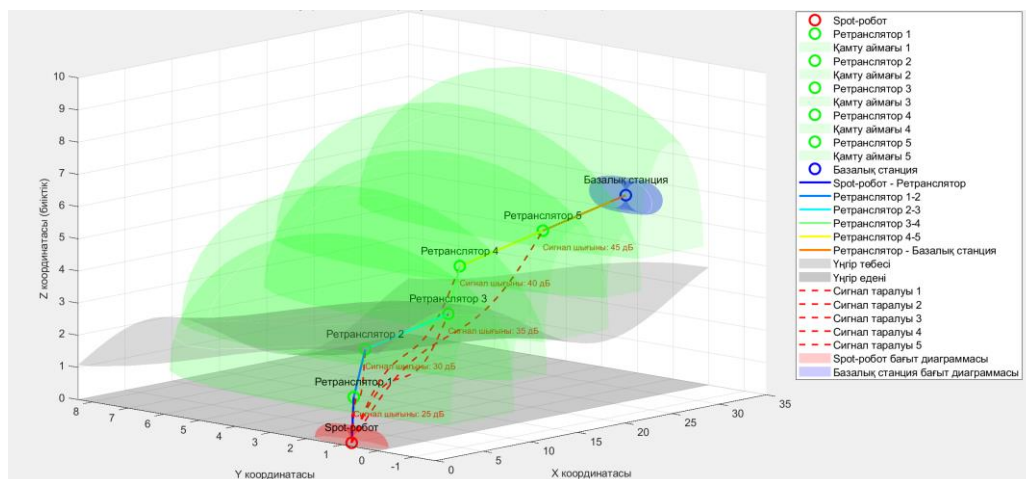
мұнда d – шағылысатын қабырға мен қабылдағыш арасындағы қашықтық (м); β – шағылысу коэффициенті (дБ/м), қабырғалардың материалдық қасиеттеріне байланысты анықталады.



2-сурет. Қоршаған орта жағдайларын талдау графигі

LoRaWAN байланыс жүйесінің архитектурасы

LoRaWAN байланыс жүйесінің архитектурасы үңгірлерде немесе күрделі ортада сенімді байланыс орнатуға арналған. Архитектурада Spot-робот, ретрансляторлар және базалық станцияның орналасуы көрсетілген. Spot-робот деректерді жинап, жақын ретрансляторға жібереді, ал ретрансляторлар сигналды базалық станцияға дейін жеткізеді. Жүйе 5 км қамту радиусымен жұмыс істейді, жалпы байланыс қашықтығы 30 км-ге дейін жетеді. Сигнал шығындары 20–45 дБ аралығында, ал деректерді беру жылдамдығы 0.3–50 кбит/с құрайды. LoRaWAN технологиясы төмен энергия тұтынумен (ретранслятор үшін 0.5 Вт) және 868/915 МГц жиілігінде жұмыс істейді.



3-сурет. Марс үңгіріндегі байланыс жүйесінің архитектурасы

Қорытынды

Марс үңгірлері ғарыштық миссияларды жүзеге асырудағы маңызды және перспективалы зерттеу нысаны болып табылады. Бұл мақалада Марс үңгірлеріндегі автономды байланыс жүйесін құру мәселесі қарастырылып, радиосигналдың таралу ерекшеліктері мен техникалық сипаттамалары терең талданды. LoRaWAN технологиясының төмен жиілікте жұмыс істеуі ұзақ қашықтықта сенімді сигнал таратуға, аз энергия тұтынуға және төмен шу деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні көрсетілді. Сигналдың еркін кеңістіктегі шығындары (FSPL), шу деңгейі (Noise Floor), сигнал-шудың қатынасы (SNR) және байланыс арнасының қоры (Link Margin) есептеліп, олардың маңыздылығы көрсетілді.

Сонымен қатар, сигналдың үңгірлер ішіндегі шағылысуы мен қосымша әлсіреу факторлары да ескерілді. Ұсынылған модельде Spot-робот, ретрансляторлар және базалық станцияның орналасу схемасы талданып, сигнал таралуының 3D визуалды моделі әзірленді. Бұл зерттеудің нәтижелері Марстағы болашақ ғылыми-зерттеу миссияларының байланыс жүйесін жобалау және іске асыру үшін негіз бола алады. Әрі қарайғы зерттеулер байланыс жүйесінің тұрақтылығын арттыруға және Марс үңгірлерінде автономды зерттеулердің тиімділігін жоғарылатуға бағытталуы тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Raza U., Kulkarni P., Sooriyabandara M. Low Power Wide Area Networks: An Overview // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2017. – Vol. 19, № 2. – P. 855–873.
2. Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things // Sensors. – 2016. – Vol. 16, № 9. – P. 1466.
3. LoRaWAN Specification V1.1 [Электронный ресурс] / LoRa Alliance Technical Committee. – 2017. – 101 с. – URL: <https://share.kz/gdCw> (дата обращения: 27.03.2025).
4. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. – М.: Издательство «Техносфера», 2007. – 904 с.
5. Раппапорт Т.С. Беспроводная связь. Принципы и практика. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2009. – 616 с.
6. Zungeru A.M., Chuma J.M., Mangwala M. Potentials and Challenges of Wireless Sensor Networks for Space Exploration Missions // International Journal of Engineering and Technology. – 2012. – Vol. 4, № 4. – P. 413–419.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСИАНСКИХ ПЕЩЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТА SPOT

Б.Ж. Жалғас, Д.А. Ибрагимов, Н.К. Утелиева

Аннотация: Данное исследование направлено на разработку надежной системы связи для марсианских пещер. Марсианские пещеры представляют особый научный интерес для будущих космических исследований и освоения, поскольку могут обеспечить естественную защиту от космической радиации, стабильность температуры и потенциальный источник водяного льда. Однако распространение радиоволн в пещерах сталкивается с рядом технических трудностей, таких как ослабление, отражение, поглощение сигналов и наличие препятствий. В этом исследовании предложено использование технологии LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) для создания энергоэффективной и дальнodayствующей системы связи. LoRaWAN работает на частотах 868 МГц или 433 МГц, отличаясь низким энергопотреблением (несколько милливатт) и возможностью передачи сигналов на большие расстояния (5–15 км). Основой предлагаемой архитектуры системы является робот Spot, выполняющий функции мобильного узла связи, оснащённого модулем LoRaWAN и ретрансляторами, которые размещаются в исследуемой зоне. Внутри пещер формируется ретрансляционная сеть с линейной или mesh-топологией, при этом расстояние между ретрансляторами составляет 1–2 км. Базовая станция размещается у входа в пещеру и осуществляет связь с Землёй или орбитальным спутником. В ходе исследования выполнено моделирование распространения радиоволн, учтено влияние стен пещер, проведён анализ энергопотребления и автономности. Результаты показали, что использование LoRaWAN на низких частотах значительно снижает негативное влияние отражения и поглощения сигналов, что делает данную технологию эффективным решением для связи в пещерах.

Ключевые слова: Марсианские пещеры, радиосвязь, LoRaWAN, робот Spot, ретрансляционная сеть, mesh-топология, базовая станция.

DESIGN OF COMMUNICATION SYSTEMS FOR EXPLORATION OF MARTIAN CAVES USING THE SPOT ROBOT

Zhalgas B., Ibragimov D., Uteliyeva N.

Abstract: This study proposes the use of LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) technology to create an energy-efficient and long-range communication system. LoRaWAN operates at frequencies of 868 MHz or 433 MHz, featuring low power consumption (a few milliwatts) and the ability to transmit signals over large distances (5–15 km). The core component of the proposed system architecture is the Spot robot, functioning as a mobile communication node equipped with a LoRaWAN module and repeaters placed within the explored area. A relay network with linear or mesh topology is established inside the caves, maintaining a spacing of 1-2 km between repeaters. The base station is located at the cave entrance and serves as the link to Earth or an orbital satellite. The study included modeling of radio wave propagation, analysis of cave wall impacts, and assessment of power consumption and autonomy. Results indicate that using LoRaWAN at low frequencies significantly reduces the negative effects of signal reflection and absorption, making this technology an effective solution for cave communication.

Keywords: Martian caves, radio communication, LoRaWAN, Spot robot, relay network, mesh topology, base station.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОИСКА ВОДЫ НА МАРСЕ**Б.Т. Абдуллаева , Г.Д. Багытова **

НАО «Казахский Национальный Женский Педагогический Университет»
Институт физики, математики и цифровых технологий,
050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Гоголя 114/8

E-mail: botagoz_abdullayeva.05@mail.ru

Аннотация: Исследование наличия воды на Марсе занимает центральное место в современной планетологии как ключевая задача. Вода является неотъемлемым условием для поддержания жизни, производства кислорода и ракетного топлива, а также для определения оптимальных мест для будущих космических миссий. Хотя в прошлом Красная планета была более влажной, нынешние условия с низким атмосферным давлением делают существование свободной воды на поверхности крайне затруднительным. Тем не менее, ученые обнаружили под поверхностью Марса обширные залежи водяного льда и минералов, содержащих воду. Для обнаружения этих скрытых ресурсов применяются разнообразные технологии, такие как радиолокационные исследования, спектрометрия нейтронов, спектральный анализ и бурение. Каждая из этих методик имеет свои сильные и слабые стороны, и в данной статье мы сосредоточимся на подробном рассмотрении двух наиболее значимых подходов-радарного зондирования и бурения, а также проведем их сравнительный анализ.

Ключевые слова: Марс, вода, радиолокационное зондирование, бурение, спектрометрия, минералы, подповерхностные исследования.

Радиолокационное зондирование.

Анализ данных с орбитального наблюдения и марсоходов демонстрирует глубокие преобразования климата и геологической структуры Марса через время. Особо значимым является переходный период: от влажности после уменьшения интенсивных метеоритных налетов к нынешней суровой, засушливой экосистеме. В этот ключевой этап большинство открытых вод превратилось в полярные шапки льда, сложную структуру осадков вокруг полюсов и обширное подземное скопление ледяных масс.

Слоистый рельеф Марса хранит историю климатических изменений и геологических процессов: от водно-осадочных пород до вулканической активности, включая сезонные колебания летучих веществ. Орбитальная дистанционное разведка, проникающая на глубины от сотен метров до километров, является единственным масштабным инструментом изучения этих геологических слоёв. В контексте электромагнитного зондирования, увеличение длительности волн освещения (снижение частоты) способствует

исследованию более глубоких горизонтов. Для анализа приповерхностных земной коры и определения характеристик на значительных глубинах требуются активные сигналы с длинами волны в несколько метров или больше, что успешно реализуется через радиоэхо-методы (георадар). Этот подход уже доказал свою эффективность как для наземных исследований [1], так и при изучении лунной поверхности. Радиолокационные методы на частотах от десятков до сотен МГц применяются в исследовании толщин земных ледяных щитов, достигающих многих километров [2].

Радарный зонд SHARAD (SHallow Radar) предоставлен компанией ASI (Agenzia Spaziale Italiana) и в настоящее время находится на борту Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) [3]. SHARAD — это инструмент Mars Express. MARSIS [4], дополняющий пространственно грубые, но глубокие зондирования радара SHARAD, который излучает электромагнитные (ЭМ) волны из своей 10-метровой дипольной антенны и измеряет отражения как от поверхности, так и от недр Марса. Волны, переданные в подповерхностный слой, могут отражаться от диэлектрической поверхности и возвращаться к прибору с большей задержкой, чем эхо от поверхности. Двухмерное изображение («радарограмма») поверхности и подповерхности строится в одном направлении из-за временной задержки и в ортогональном направлении из-за движения космического аппарата MRO по орбите (см. рис. 1, 2 и 3). Основным препятствием для идентификации подповерхностных эхо-сигналов являются помехи от поверхностных эхо-сигналов за пределами надира (так называемые «поверхностные помехи»), которые достигают радиолокационного приемника с той же задержкой, что и поверхностные эхо-сигналы.

(а) Данные MARSIS в формате радарограммы для орбиты 1855, когда она пересекает границу слоистых отложений Северного полюса. (b) Смоделированные данные MARSIS, если эхо-сигналы поступают только с поверхности (помехи в надире и вне надира). (с) Топография MOLA вдоль наземной траектории (красная линия); высота относительно среднего радиуса планеты. Данные MARSIS на частоте 5 МГц показывают разделение сильного возврата на два, когда наземная траектория достигает слоистых отложений (более высокая местность справа). Максимальная задержка по времени для второго отражателя составляет 21 мкс, что эквивалентно глубине 1,8 км в водяном льду. (Рис.1)

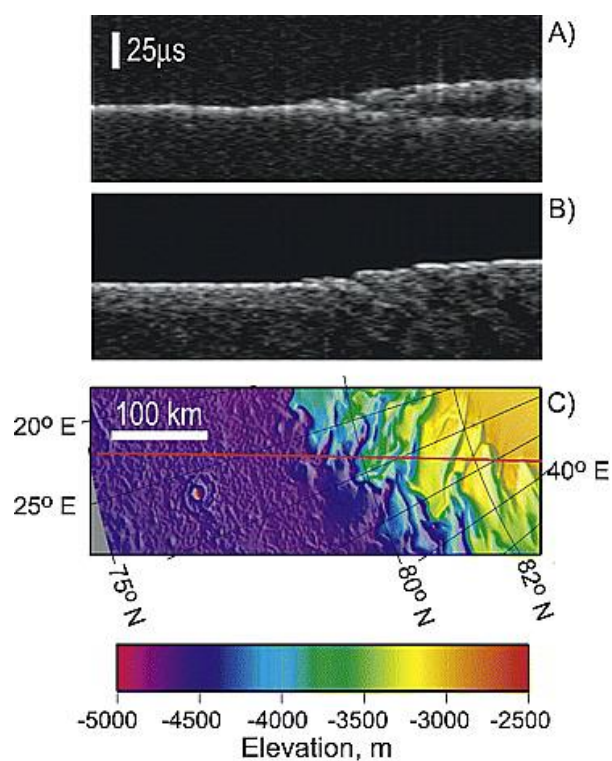


Рис.1. Сравнение радарограмм и топографической карты региона

Данные MARSIS для орбит (a) 1892 (полоса 3 МГц) и (b) 1903 (полоса 4 МГц). Обратите внимание на множественные дугообразные отражатели около центра каждой панели и плоский отражатель, связанный с дугами на орбите 1903 (стрелка). (c) Модель поверхности надира и помех вне надира для орбиты 1903. В модели помех не прогнозируются дугообразные или плоские особенности. (d) Топография MOLA вдоль наземной траектории орбиты 1903.(Рис.2)

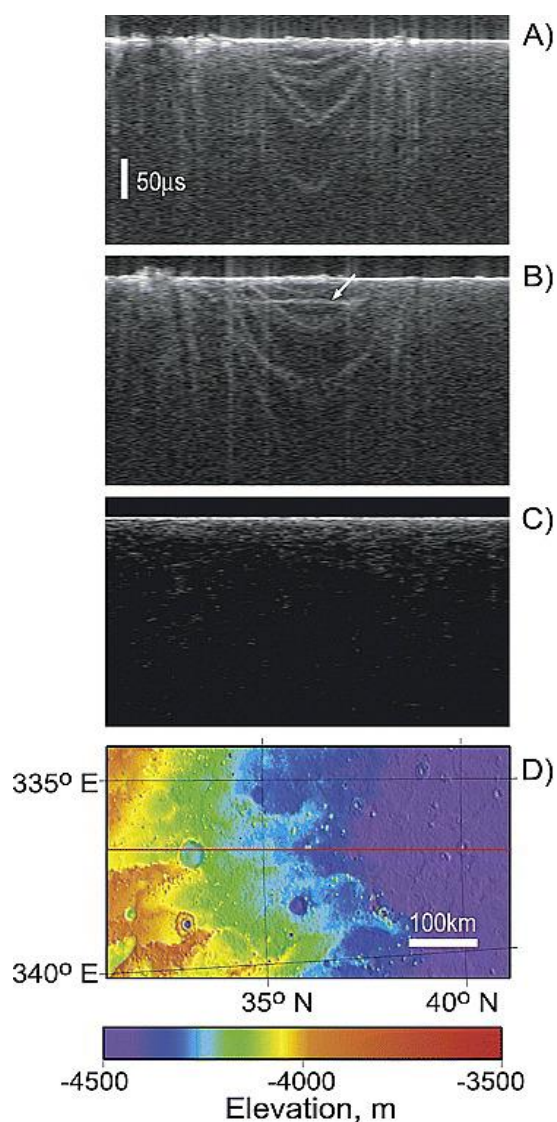


Рис.2. Снимки с орбитального радара MARSIS

(внизу) Модель имитации помех MARSIS с использованием MOLA DEM для орбиты Mars Express 2737. (вверху) Радарограмма MARSIS для той же орбиты. Обратите внимание на особенности около относительно крутого склона справа, которые не отображаются в моделировании.(рис.3)

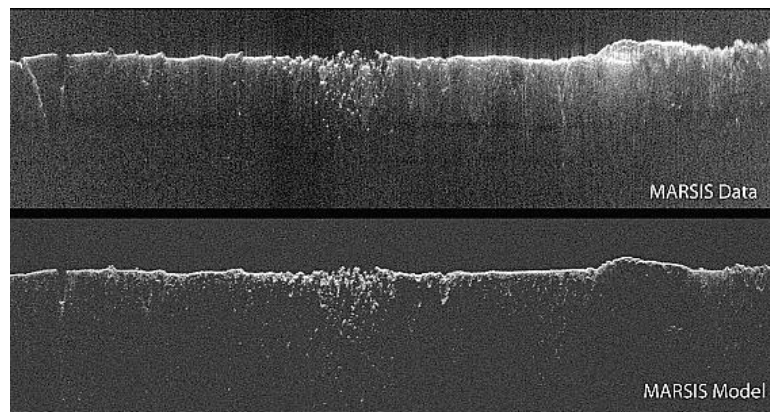


Рис.3. Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding

SHARAD работает с центральной частотой 20 МГц и полосой пропускания 10 МГц, что соответствует вертикальному разрешению 15 м в свободном пространстве и $15/\sqrt{\epsilon}$ м в среде с диэлектрической проницаемостью ϵ . Передаваемый сигнал представляет собой чирпированный импульс мощностью 10 Вт, длительностью 85 мкс (линейная ЧМ), излучаемый дипольной антенной длиной 10 м. Разрешение по горизонтальной поверхности зависит от характеристик шероховатости поверхности, но на большинстве марсианских поверхностей поперечный след составляет 3-6 км, а след вдоль трассы, суженный в результате обработки синтезированной апертуры на земле, -0,3-1 км. Возвращенный сигнал записывается в виде сложного временного ряда напряжения. Частота повторения импульсов (PRF) приводит к передискретизации доплеровского спектра, обеспечивая доплеровский фокус для обработки данных на земле и одновременно позволяя когерентную интеграцию импульсов на космическом аппарате. Фактически, за исключением спутниковых предположений, вся обработка данных происходит на Земле и включает в себя дальнюю фокусировку ЛЧМ-сигнала, доплеровскую фокусировку и калибровку обработанных данных.

Обработка данных осуществляется в операционном центре SHARAD (SHOC) компании Alcatel Alenia Spazio (AAS) в Риме, Италия, по контракту с ASI, под руководством и управлением научной группы SHARAD. Данные распространяются в открытом доступе из Центра научных данных ASI (ASDC) во Фраскати, Италия, и узла наук о Земле Системы планетарных данных Вашингтонского университета (WUSTL-PDS) в Сент-Луисе, США. [5]

Бурение и анализ данных

Бурение на Марсе имеет главную задачу — глубокое проникновение для получения доступа к жидкой воде, где проникновение на глубину в несколько километров потребует массивного оборудования [6], примерами их являются марсоходы от NASA Curiosity, Perseverance и посадочный аппарат Phoenix, который был разработан NASA в сотрудничестве с Лабораторией реактивного движения (JPL), Университетом Аризоны и Канадским космическим агентством. Миссия была реализована в рамках программы Mars Scout. Аппарат был оснащен набором инструментов, предназначенных для анализа геологических данных о воде и исследования окружающей среды. Это было необходимо для определения наличия условий, подходящих для существования микроскопической жизни. Впервые в истории человечества, аппарат провёл бурение на поверхности Марса в районе северного полюса, выбранного из-за обнаруженных там значительных запасов подземного льда орбитальным аппаратом «Одиссей». 18 июня 2008 года зонд обнаружил лед, и через несколько недель, после проведения комплексных анализов, было установлено, что найденный лед имеет водный состав. Также, он впервые зафиксировал выпадение снега в марсианской атмосфере. Снег оказался водяным льдом, а не углекислым газом (сухим льдом), который также выпадает в полярных районах Марса. Phoenix был оснащен лазерным прибором LIDAR, который излучает свет в атмосферу и анализирует отраженные сигналы. С помощью этого прибора ученые обнаружили, что на высоте около 4 километров формируются облака кристаллов водяного льда. Эти кристаллы начали падать как снег, но испарились, не долетев до земли. Это открытие доказывает, что круговорот воды активен, несмотря на тонкую и сухую марсианскую атмосферу. Обнаружение марсианского снега - важный шаг вперед в изучении марсианского климата. Ранее считалось, что марсианская атмосфера слишком сухая, чтобы в ней могли происходить подобные процессы. Однако теперь стало ясно, что на Марсе происходят погодные явления, схожие с земными, это открытие также имеет значение для будущих исследований Марса, ведь в некоторых районах снег может выпасть на поверхность и обеспечить поселенцев водой. В прошлом, когда марсианский климат был теплее и влажнее, снег мог достигать поверхности и играть роль в формировании рек и озер. Миссия Phoenix не только подтверждает наличие водяного льда под марсианской поверхностью, но и показывает, что круговорот воды в марсианской атмосфере продолжается, хотя и ослаблен. Согласно последним исследованиям, зимой снег накапливается до максимальной толщины около 1 метра, весной его толщина

снижается до 21 сантиметра и продолжает уменьшаться до начала нового похолодания летом [7]. Однако из-за разреженной атмосферы Марса и особых климатических условий снегопад можно наблюдать только в самых холодных регионах, закрытых облаками, преимущественно ночью. В результате, прямых изображений снегопада на Марсе не существует. Недавно NASA опубликовало снимки марсианской «зимы», но вместо снега там на самом деле был сухой лед-твердый углекислый газ (рис. 4, 5).



Рисунок 4. *“Снежный” пейзаж. 2022 год.*



Рисунок 5. *“Морозная сцена” на южном полюсе Марса.*

Далее, в 2013 году бурение провел марсоход Curiosity, просверлив камень “John Klein”. На сегодняшний момент марсоход Curiosity пробурлил 41 скважин, в основном он нашел гидратированные минералы, свидетельствующие о том, что в прошлом в этих местах была вода, также они содействуют учёным в изучении мест, что может свидетельствовать о наличии льда под поверхностью, примерами этого являются ниже оставленное фото. Во время исследования канала Geddiz Vallis Curiosity NASA сделал это изображение горных пород, которые показывают бледный цвет вблизи своих краев. Эти кольца, также называемые гало, напоминают отметины,

наблюдаемые на Земле, когда грунтовые воды просачиваются в скалы вдоль трещин, вызывая химические реакции, которые меняют цвет. (рис 6).[\[8\]](#)



Рисунок 6. Горные породы с кольцами гало.

Ключевым вопросом является, как добывать воду при низком атмосферном давлении планеты? Можно внедрить микроорганизмы, такие как цианобактерии, которые будут производить кислород и изменять состав атмосферы, однако этот процесс потребует тысячелетий. Мы полагаем, что если человечество намерено серьезно приступить к колонизации Марса, то необходимо уже сейчас начать разработку новых бесконтактных методов добычи воды, которые обеспечат выживание в условиях, где традиционные земные технологии оказываются малоприменимыми. Мы предлагаем решение в виде строительства герметичных баз с искусственной атмосферой и давлением, эти базы могут быть выполнены как в форме куполов, так и располагаться под землёй, например, в естественных лавовых пещерах, которые обеспечат защиту от радиации и метеоритных ударов. Для выхода на поверхность потребуются специальные скафандры, которые будут поддерживать давление и кислородный баланс. Однако даже при наличии надёжных укрытий остаётся важный вопрос – где взять воду? Доставка её с Земли слишком затратна, поэтому единственным вариантом является её добыча на месте, но на данный момент не существует технологий, позволяющих делать это эффективно. Одним из перспективных направлений может стать электромагнитный нагрев подповерхностного льда. Текущие методы основаны на механическом бурении, которое требует значительных затрат энергии и быстро изнашивает оборудование из-за марсианской пыли. В будущем можно рассмотреть использование направленных микроволновых установок, которые будут нагревать грунт без физического контакта и

способствовать образованию пара, этот пар можно будет собирать и конденсировать в жидкую воду в герметичных резервуарах. Данный метод имеет несколько преимуществ:

1. Отсутствие механического износа– не потребуется использование сверл и буров, которые могут ломаться.

2. Экономия энергии– электромагнитные волны локально нагревают лёд, что позволяет избежать значительных затрат.

3. Автоматизация процесса– установки можно разместить на роверах и оставить работать в автономном режиме. Это может стать основой для будущих колоний, где вода будет добываться непосредственно на месте и затем использоваться для питья, выращивания растений и производства кислорода.

Вывод

Таким образом, сравнивая эти методы, можем сказать, что оба метода являются ключевым аспектом исследования Марса. Если же с помощью радара ученые могут обнаружить воду по характеристикам отраженного сигнала, то метод бурения позволяет добыть образцы грунта и льда из под поверхности, но традиционные буровые технологии сталкиваются с проблемами высокой энергозатратности и быстрого износа оборудования из-за марсианской пыли.

Совместное использование этих методов позволит не только улучшить наше понимание геологической истории Марса, но и приблизит человечество к созданию автономных марсианских колоний, обеспеченных столь ценным ресурсом, как вода.

Благодарность

Авторы выражают благодарность **Satbayev University** за предоставленную возможность обмена знаниями, обсуждения актуальных вопросов и продвижения новых идей. Особую признательность хотим выразить **А.Ш Мамбаевой**, чья поддержка, вдохновение и наставничество мотивируют нас на дальнейшие исследования и научные достижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbott E. Orbital radar evidence for lunar subsurface layering in Maria Serenitatis and Crisium [Электронный ресурс] / E. Abbott // ResearchGate. URL: <https://share.kz/ggAW> (Дата обращения: 11.03.2025).
2. Harmon J. K., Nolan M. C., Margot J. L., Campbell D. B. High-Resolution Radar Imaging of Mercury's North Pole [Электронный ресурс] / J. K. Harmon, M. C. Nolan, J. L. Margot, D. B. Campbell // *Journal of Geophysical Research: Planets*. – 2007. – Т. 112. – № E6. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005JE002525> (Дата обращения: 11.03.2025).
3. Zurek R. W., Smrekar S. E. An overview of the Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) science mission [Электронный ресурс] / R. W. Zurek, S. E. Smrekar // *Journal of Geophysical Research: Planets*. – 2007. – Т. 112. – № E5. URL: <https://share.kz/gjzm> (Дата обращения: 11.03.2025).
4. Orbital radar evidence for lunar subsurface layering in Maria Serenitatis and Crisium [Электронный ресурс]. – URL: <https://share.kz/gnxL> (Дата обращения: 11.03.2025).
5. Seu R., Biccari D., Orosei R., Lorenzoni L. V., Phillips R. J., Marinangeli L., Picardi G., Masdea A., Zampolini E. SHARAD: The MRO 2005 shallow radar [Электронный ресурс] / R. Seu, D. Biccari, R. Orosei, L. V. Lorenzoni, R. J. Phillips, L. Marinangeli, G. Picardi, A. Masdea, E. Zampolini // *Planetary and Space Science*. – 2004. – Т. 52. – № 1–3. – С. 157–166. – DOI: [10.1016/j.pss.2003.08.024](https://doi.org/10.1016/j.pss.2003.08.024) (Дата обращения: 11.03.2025).
6. Drilling on Mars for groundwater exploration: challenges and opportunities. [Электронный ресурс]. – URL: <https://share.kz/gqwb>
7. https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/766462/
8. NASA'S Curiosity Rover Discovers a Surprise in a Martian Rock. [Электронный ресурс]. – URL: <https://share.kz/gtuA>

МАРСТАН СУ ІЗДЕУДІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ
Б.Т. Абдуллаева, Г.Д. Багытова

Аннотация: Марста судың бар-жоғын зерттеу бүгінгі планетологиядағы негізгі мақсаттырдың бірі болып табылады. Су — тіршілікті сақтау, оттегі мен зымыран отынын өндіру, сондай-ақ болашақ ғарыштық миссиялар үшін ең қолайлы орындарды анықтау үшін қажетті маңызды ресурс. Ертеде Қызыл планета ылғалдырақ болғанымен, қазіргі кезде атмосфералық қысымның төмен болуына байланысты Марс бетінде судың еркін күйінде пайда болуы қиынырақ. Дегенмен, ғалымдар Марста мол жерасты су мұзының және құрамында су бар минералдардың бар екенін тапты. Осы жасырын ресурстарды анықтау үшін радиолокациялық зерттеулер, нейтрондық спектрометрия, спектрлік талдау және бұрғылау сияқты түрлі технологиялар қолданылады. Бұл әдістердің әрқайсысының өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Осы

мақалада біз ең маңызды екі тәсіл — радиолокациялық зондтау мен бұрғылауға тоқталып, олардың салыстырмалы талдауын ұсынамыз.

Түйінді сөздер: Марс, су, радиолокациялық зондтау, бұрғылау, спектрометрия, минералдар, жер асты зерттеулері.

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER SEARCH ON MARS

B.T. Abdullaeva, G.D. Bagytova

Abstract: The investigation of water presence on Mars is a central focus in current planetary science, as it represents a key objective. Water is essential for sustaining life, producing oxygen and rocket fuel, and determining optimal locations for future space missions. Although the Red Planet was more humid in the past, current conditions with low atmospheric pressure make the existence of liquid water on the surface extremely challenging. Nevertheless, scientists have discovered extensive subsurface deposits of water ice and water-bearing minerals. Various technologies are used to detect these hidden resources, including radar sounding, neutron spectrometry, spectral analysis, and drilling. Each of these methods has its own strengths and weaknesses. In this article, we focus on a detailed examination of the two most significant approaches—radar sounding and drilling—and provide a comparative analysis of their effectiveness.

Keywords: Mars, water, radar sounding, drilling, spectrometry, minerals, subsurface exploration.

УДК

ЖЕРДЕН КӨРІНЕТІН ШОҚЖҰЛДЫЗДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН БАҚЫЛАУ

Гарипова Г.Ж. , Калихан А.А. , Ибрахимқызы Н. 

Ғылыми жетекшісі: Мамбаева Алтынай

«Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті» КЕАҚ,
050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Гоголь к-сі, 114/8

E-mail: garipgulnur@gmail.com

Аннотация: Бұл ғылыми мақалада “Жерден көрінетін шоқжұлдыздардың” құрылымдық және физикалық ерекшеліктері қарастырылады. Шоқжұлдыздардың классификациясы, олардың құрамына енетін жұлдыздардың спектрлік түрлері, жарықтылығы, массасы және температурасы сияқты негізгі астрофизикалық параметрлері талданады. Сонымен қатар, жұлдыздардың эволюциялық даму кезеңдері, олардың қалыптасу және ыдырау процестері қарастырылады. Зерттеу барысында астрономиялық бақылаулардың маңызы, жұлдыздық карталар мен каталогтардың рөлі сипатталады. Сондай-ақ, шоқжұлдыздардың астрономиядағы, ғарыштық навигациядағы және мәдениеттегі орнына назар аударылады. Алынған нәтижелер Жерден бақыланатын жұлдыздық жүйелердің табиғатын тереңірек түсінуге және олардың физикалық қасиеттерін сипаттауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: шоқжұлдыз, жұлдыздар, спектрлік классификация, жарықтылық, масса, температура, эволюция, астрономиялық бақылау, навигация

Кіріспе

Астрономия ғылымында шоқжұлдыздар ерекше орын алады. Олар аспан денелерін топтастыруға, ғарыштық құбылыстарды зерттеуге және бағыт-бағдар анықтауға мүмкіндік береді. Шоқжұлдыздар ежелден бері адамзаттың назарында болып, мәдениет пен ғылымда маңызды рөл атқарған. Қазіргі уақытта Жерден көрінетін шоқжұлдыздарды зерттеу астрономиялық бақылаулардың негізі болып табылады. Бұл зерттеулер жұлдыздардың физикалық қасиеттерін, олардың эволюциясын және ғарыш кеңістігіндегі орнын түсінуге көмектеседі. Сонымен қатар, бақылау әдістерінің дамуы шоқжұлдыздарды зерттеуді жаңа деңгейге көтеріп, астрономияның дамуына ықпал етті.

Шоқжұлдыз (*CONSTELLATIO*) – аспан сферасында белгілі бір аймақты қамтитын жұлдыздар тобы. Бұл жұлдыздар кеңістікте бір-бірінен алшақ орналасқанымен, Жерден қарағанда белгілі бір фигураларға ұқсас болып көрінеді. Аспан әлемін зерттеу мақсатында ежелгі өркениеттер

шокжұлдыздарды атаумен белгіледі және оларды мифологиялық кейіпкерлермен байланыстырды.

Ежелгі грек, қытай, араб және үнді өркениеттері аспанды әртүрлі жұлдыздық жүйелерге бөлген. Біздің заманымызда қолданылатын 88 шоқжұлдыздық жүйе 1922 жылы Халықаралық Астрономиялық Одақ (ХАО) тарапынан бекітілді.[1]

Шоқжұлдыздар аспан координаталарына сәйкес бірнеше топқа бөлінеді.[2]

Кейбір шоқжұлдыздар ерекше жарқын жұлдыздарымен және астрономиялық маңызымен танымал:

- Орион (Orion) – қыс мезгілінде аспанда оңай танылатын шоқжұлдыз. Оның белдеуі үш жарық жұлдыздан тұрады: Минтака, Альнилам, Альнитак. Бұл шоқжұлдызда Бетельгейзе және Ригель сияқты алып жұлдыздар орналасқан.

- Үлкен Аю (Ursa Major) – солтүстік жартышардағы ең белгілі шоқжұлдыз, оның құрамындағы "Жетіқарақшы" жұлдыздары бағдарлау үшін қолданылады.

- Кассиопея (Cassiopeia) – түнгі аспанда "W" тәріздес көрінетін, танымал шоқжұлдыздардың бірі.

- Оңтүстік Айқыш (Crux) – оңтүстік жартышардың аспанында бағыт-бағдар анықтауда маңызды рөл атқарады.[2]

Жұлдыздардың физикалық ерекшелігі - жарықтылығы, массасы, температурасы және эволюциялық даму кезеңдері олардың спектрлік түріне және құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты өзгереді. Жұлдыздарды спектрлік класстарға бөлу олардың температурасына, түсіне және химиялық құрамына негізделген. Халықаралық астрономиялық қауымдастық (IAU) спектрлік жіктеудің О, В, А, F, G, K, М деген негізгі жеті класын белгілеген. Жұлдыздардың температурасы артқан сайын олардың түсі көкшіл реңкке ие болады, ал температурасы төмендеген сайын қызыл түске ауысады. Шоқжұлдыздардың құрамындағы жұлдыздар спектрлік кластарға бөлінеді. Бұл бөліну жұлдыздардың температурасына, түсіне және химиялық құрамына негізделген.[1]

1-кесте. Жұлдыздардың спектрлік классификация

Спектрлік класс	Температура	Түс	Мысалдар	Нәтиже
	ра			

О	30.000-50.000	Көк	Альтинак (Орион)	өте ыстық әрі қысқа өмір сүретіндіктен, олардың айналасындағы планеталарда өмір сүру ықтималдығы жоқ
В	10.000-30.000	Ақ-көгілдір	Ригель (Орион)	
А	7.500-10.000	Ақ	Сириус (Үлкен Ит)	жұлдыздар ұзақтау өмсіргенімен, олардың айналасындағы тіршілік мүмкіндігі аз.
F	6.500-7.500	Ақ-сары	Процион (Кіші Ит)	тіршілікке ең қолайлы.
G	5.200-6.000	Сары	Күн, Капелла (Возничий)	
К	3.700-5.200	Қызғылт-сары	Альдебаран (Торпақ)	жұлдыздар ұзақ өмір сүретіндіктен, олардың айналасындағы планеталарда өмір болуы мүмкін, бірақ М класындағы қызыл жұлдыздардың тұрақсыздығы қиындық тудыруы мүмкін.
М	2.500-3.700	Қызыл	Бетельгейзе (Орион)	
Ерекшеліктері	Өте жоғары температур а-30.000-50.000 Ең салқын температур а-2.500-3.700	Ең өткір түс-көк, ең жұмсақ түс-қызыл.	Ригель-жарқырауы өте жоғары, Процион - қос жұлдыз жүйесінің мүшесі.	Жұлдыздардың спектрлік классификациясы олардың температурасын, түсін және жарқырауын сипаттайды.

Жұлдыздың жарықтылығы оның массасына және эволюциялық күйіне байланысты өзгереді. Абсолюттік жұлдыздық шамасы (М) – жұлдыздың Жерден 10 парсек (шамамен 32.6 жарық жылы) қашықтықта болғанда көрінетін жарықтылығын сипаттайды. Яғни, жұлдыздың табиғи жарықтылығы мен оның Жерден бақыланатын жарықтылығы әртүрлі болуы мүмкін.

Жоғары температуралы жұлдыздар көбірек энергия шығарып, жарығырақ болады. О және В спектрлік класты жұлдыздар өте үлкен массаға ие болғандықтан, олардың ғұмыры қысқа, ал өлімі жарылыс түрінде өтеді. Бұл жұлдыздар энергиясын тез жұмсап, ақырында суперноваға айналады. Орташа массалы жұлдыздар (G, K класы) миллиардтаған жылдар бойы өмір сүріп, соңында қызыл алыпқа айналады. Мысалы, Күннің қазіргі жасы шамамен 4,6

миллиард жыл болса, оның қызыл алыпқа айналуына тағы 5 миллиард жылдай уақыт бар. М-класты қызыл ергежейлі жұлдыздар ең ұзақ өмір сүретін жұлдыздар санатына жатады, өйткені олардың энергия жұмсау қарқыны өте баяу. Мұндай жұлдыздар ғаламның жасынан да ұзақ өмір сүруі мүмкін.

Жұлдыздар сутегі мен гелийден тұратын газ-шаң бұлттарынан қалыптасады. Терең ядролық реакциялар нәтижесінде сутегі гелийге айналып, орасан зор энергия бөлінеді. Уақыт өте келе, ядролық отын таусылғанда, жұлдыздар ақ ергежейліге, нейтрондық жұлдызға немесе қара тесікке айналуы мүмкін.

Жұлдыздардың химиялық құрамы негізінен сутегі (~70%) мен гелийден (~28%) тұрады, ал қалған 2%-ын ауыр элементтер құрайды. Спектроскопиялық зерттеулер арқылы жұлдыздардың химиялық құрамын анықтап, олардың жасын, эволюциялық кезеңін және пайда болу аймағын анықтауға болады[3].

Жерден көрінетін шоқжұлдыздарды бақылау әдістері

Аспан денелерін зерттеу – астрономияның ең маңызды салаларының бірі. Жерден көрінетін шоқжұлдыздарды бақылау әдістері ғасырлар бойы жетілдіріліп, бүгінде дамыған технологиялардың арқасында нақты әрі дәл зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл әдістерді үш негізгі санатқа бөлуге болады: көзбен шолу, телескоптар арқылы бақылау және заманауи цифрлық технологияларды пайдалану.

- Көзбен шолу және телескоптар

Адамзат ежелден бері түнгі аспанды бақылап, жұлдыздар мен шоқжұлдыздарды анықтауға қызығушылық танытқан. Бастапқыда бұл бақылаулар жай көзбен жүргізілді. Ежелгі мысырлықтар, вавилондықтар, қытайлықтар және гректер шоқжұлдыздарды күнтізбе жасау, бағыт табу және ауыл шаруашылығын реттеу үшін пайдаланған. Көзбен бақылау әдісі тек жарық жұлдыздарды көруге мүмкіндік береді, бірақ оның арқасында астрономиялық карталар мен алғашқы жұлдыздық каталогтар жасалды. Айқын шоқжұлдыздарды анықтау үшін адамдар аспандағы жұлдыздарды белгілі бір бейнелерге ұқсатып атаған. Мысалы, Орион шоқжұлдызы грек мифологиясындағы аңшыға, Үлкен Аю аюдың бейнесіне ұқсас болып көрінеді.

- Астрономиялық карталар мен жұлдыздық каталогтар

Астрономиялық карталар мен жұлдыздық каталогтар жұлдыздарды жүйелі түрде зерттеуге және олардың орналасуын дәл анықтауға мүмкіндік береді. Ғалымдар жұлдыздарды жүйелі түрде зерттеу үшін астрономиялық

карталар мен каталогтар жасайды. Олар әрбір шоқжұлдыздағы жұлдыздардың орналасуын, жарықтылығын және қозғалысын дәл көрсетеді. Ежелгі грек астрономы Хиппарх жасаған алғашқы жұлдыздық каталог бүгінде қолданылатын көптеген жүйелердің негізін қалады. Қазіргі заманғы каталогтарда миллиондаған жұлдыздар туралы мәлімет бар, ал оларды жаңарту үшін ғарыштық және радиотелескоптар қолданылады. Бұл құралдар астрономдарға белгілі бір уақытта және жерде көрінетін жұлдыздар мен шоқжұлдыздарды анықтауға көмектеседі. Мысалы, жұлдыздық диаграммалар бақылаушыларға белгілі бір уақытта және жерде көрінетін шоқжұлдыздарды анықтауға көмектеседі.[5]

Жұлдыздық каталогтардың кейбір танымал түрлері:

1. Гиппарх каталогы (б.з.б. 2 ғасыр) – ежелгі астрономдардың алғашқы жұлдыздық каталогы.
2. Тихо Браге каталогы (1600 жылдары) – 1000-нан астам жұлдыздың орнын дәл есептеп шыққан.
3. Гиппаркос спутнигі (ESA, 1989-1993 жж.) жасаған каталог – 118 000 жұлдыздың нақты координаталарын анықтады.
4. Gaia миссиясы (ESA, 2013 – қазіргі уақытқа дейін) – 1,8 миллиард жұлдыздың дәл өлшемдерін тіркеуде.

Жұлдыздық карталар мен каталогтар астрономдарға белгілі бір уақытта және жерде көрінетін жұлдыздар мен шоқжұлдыздарды анықтауға көмектеседі. Қазіргі уақытта цифрлық астрономиялық мәліметтер базалары (мысалы, NASA's SkyView, Sloan Digital Sky Survey) арқылы жұлдыздық деректерді компьютер арқылы зерттеуге мүмкіндік бар.[4]

- Қазіргі технологиялар

Бүгінде астрономиялық зерттеулерде цифрлық бақылау құралдары кеңінен қолданылады. Ғарыштық телескоптар атмосферадан тысқары орналасқандықтан, олар жердегі телескоптарға қарағанда анағұрлым анық суреттер түсіре алады.

Ғарыштық телескоптардың кейбірі:

1. “Хаббл” ғарыштық телескопы (1990 жылы ұшырылған) – көрінетін, ультракүлгін және инфрақызыл диапазонда жұмыс істеп, мыңдаған галактика мен жұлдыздарды зерттеді.
2. “Джеймс Уэбб” телескопы (2021 жылы ұшырылған) – ғаламның ең ерте кезеңдерін зерттеу үшін инфрақызыл сәулелерді пайдаланады.
3. “Чандра” рентген обсерваториясы – жоғары энергиялы рентген сәулелерін зерттеуге арналған.[3]

Радиотелескоптар жұлдыздардың электромагниттік толқындарын зерттеуге мүмкіндік береді. Олар тек көрінетін жарықты ғана емес, сонымен қатар рентген, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелерді де анықтай алады.

Телескоптар және бақылау құралдары

XVII ғасырда Галилео Галилей жасаған алғашқы телескоп астрономиялық бақылауларға төңкеріс әкелді. Телескоптар жұлдыздардың жарықтылығын, орналасуын және қозғалысын анықтауға көмектесті. Қазіргі оптикалық телескоптар арқылы әлсіз жұлдыздар мен алыстағы тұмандықтарды көруге болады.

Жерден бақылау үшін арнайы обсерваториялар салынып, телескоптар биік тауларда орнатылуда. Бұл атмосфералық әсерлерді азайтып, анық әрі сапалы деректер алуға мүмкіндік береді. Заманауи телескоптар автоматтандырылған және компьютерлік басқару жүйелерімен жабдықталған.[1]

Қорытынды

Шоқжұлдыздар – аспан денелерін жүйелеудің маңызды әдістерінің бірі болып табылатын жұлдыздық конфигурациялар. Олар ежелгі өркениеттерден бері аспанды картографиялау, уақыт өлшеу және навигация мақсатында қолданылып келеді. Қазіргі астрономияда шоқжұлдыздар жұлдыздар мен ғаламдық құрылымдарды зерттеудің іргелі негіздерінің бірі ретінде қарастырылады.

Шоқжұлдыздар жіктелу ерекшеліктеріне қарай зодиакалды, экваторлық, солтүстік және оңтүстік жартышар шоқжұлдыздары болып бөлінеді. Зодиакалды шоқжұлдыздар Күн жүйесінің қозғалыс траекториясымен байланысты болса, экваторлық шоқжұлдыздар астрономиялық бақылаулар үшін қолайлы болып табылады. Ал солтүстік және оңтүстік жартышар шоқжұлдыздары географиялық орналасуға қарай көріну ерекшеліктеріне ие.

Астрономия ғылымының дамуымен қатар, шоқжұлдыздарды зерттеу әдістері жетілдіріліп, олардың физикалық және спектрлік сипаттамалары тереңірек зерделенуде. Заманауи телескоптар мен цифрлық бақылау технологиялары жұлдыздардың химиялық құрамы, температурасы, жарықтылығы және эволюциялық өзгерістері жөнінде нақты деректер алуға мүмкіндік береді.

Жалпы, шоқжұлдыздарды зерттеу аспан денелерінің орналасуы мен қозғалысын түсінуге ғана емес, сонымен қатар, ғаламның құрылымдық

зандылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл бағыттағы зерттеулер болашақта жаңа астрофизикалық теорияларды дамытуға және ғарыштық кеңістікті тереңірек зерттеуге негіз болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сахиев Ж. “Астрономия: Энциклопедия”. Астана: Foliant, 2014. – 692 б.
2. Кононович Э. В., Мороз В. И. “Общая астрономия”. Москва: Высшая школа, 2004. – 512 б.
3. Абдрахманов Б. “Аспан әлемі және ғарыш”. Алматы: Ана тілі, 2002. – 350 б.
4. Perryman, M. “The Making of History’s Greatest Star Map”. Springer, 2010.
5. NASA SkyView Virtual Observatory – skyview.gsfc.nasa.gov
6. Gaia Mission Data – www.cosmos.esa.int/gaia “An Introduction to Modern Astrophysics” — Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie (2007)

CONSTELLATIONS VISIBLE FROM EARTH AND OBSERVATION OF THEIR PHYSICAL FEATURES

Kalikhhan A., Garipova G., Ibrakhimkyzy N.
Scientific advisor: Mambayeva A.

Annotation. This scientific article examines the structural and physical characteristics of “constellations visible from Earth.” It analyzes the classification of constellations, the spectral types of the stars within them, as well as key astrophysical parameters such as brightness, mass, and temperature. Additionally, the evolutionary stages of stars, their formation, and disintegration processes are considered. The study highlights the importance of astronomical observations, the role of star maps and catalogs. Furthermore, attention is given to the significance of constellations in astronomy, space navigation, and culture. The obtained results contribute to a deeper understanding of the nature of stellar systems observable from Earth and provide insights into their physical properties.

Keywords: constellation, stars, spectral classification, brightness, mass, temperature, evolution, astronomical observation, navigat

СОЗВЕЗДИЯ, ВИДИМЫЕ С ЗЕМЛИ, И НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ИХ ФИЗИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

А. Калихан, Г. Гарипова, Н. Ибрахимкызы
Научный руководитель: А. Мамбаева

Аннотация. В данной научной статье рассматриваются структурные и физические особенности «созвездий, видимых с Земли». Анализируется классификация созвездий, спектральные типы входящих в их состав звезд, а также основные астрофизические параметры, такие как светимость, масса и температура. Кроме того, изучаются эволюционные этапы развития звезд, их процессы формирования и разрушения. В ходе исследования подчеркивается важность астрономических наблюдений, роль звездных карт и каталогов. Также рассматривается значение созвездий в астрономии, космической навигации и культуре. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию природы звездных систем, наблюдаемых с Земли, и их физических характеристик.

Ключевые слова: созвездия, звезды, спектральная классификация, светимость, масса, температура, эволюция, астрономическое наблюдение, навигация

УДК

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДА ДЛЯ ДАЛЬНИХ КОСМИЧЕСКИХ МИССИЙ КАЗАХСТАНА.

А.В Немытова

Филиал АОО «Назарбаев Интеллектуальная Школы»
физико-математического направления города Талдыкорган
040000, Республика Казахстан, г. Талдыкорган, мкр. Каратал, 47
E-mail: annanemytova2010@gmail.com

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию применения термоядерного синтеза в качестве источника энергии для космических зондов в рамках долгосрочной космической программы Казахстана. Эти зонды отправляются в дальние космические миссии для изучения планет, астероидов, комет и других небесных тел, а также для исследования межзвёздной среды. Современные межпланетные аппараты, такие как "Пионер-10», ограничены в дальности полета и возможностях из-за использования химических двигателей, имеющих низкую энергоэффективность. Длительные межпланетные миссии требуют значительных энергетических ресурсов для обеспечения работы научной аппаратуры и передачи данных на Землю.

Предлагаемый проект разрабатывает альтернативную систему энергообеспечения на основе термоядерного синтеза – процесса, имитирующего реакции, происходящие на Солнце. В основе лежит контролируемая реакция ядерного синтеза лёгких элементов (например, дейтерия и трития), которая высвобождает огромное количество энергии. Преобразование этой энергии в тягу будет осуществляться с помощью магнитогидродинамического (МГД) двигателя.

Использование термоядерного синтеза позволит создавать космические зонды со значительно большей дальностью полёта и автономностью, открывая новые возможности для исследования дальнего космоса. Для Казахстана реализация данного проекта имеет стратегическое значение, выводя страну на передовые позиции в области космических технологий и способствуя новым научным открытиям. Успех проекта может привести к разработке новых материалов и технологий, имеющих как научную, так и экономическую ценность.

Ключевые слова:

Термоядерный синтез: Основная технология, лежащая в основе проекта.

Космический зонд: Объект исследования и применения технологии.

Межпланетные миссии: Цель применения разработанной технологии.

МГД-двигатель (магнитогидродинамический двигатель): Способ преобразования энергии термоядерного синтеза в тягу.

Энергоэффективность: Ключевое преимущество предлагаемой технологии.

Дальний космос: Область применения космического зонда.

Казахстанская космическая программа: Национальная направленность проекта.

1 глава Теоретическая часть

1.1 Что такое космический зонд и для чего он нужен

Когда люди начали больше изучать космос и исследовать другие планеты, луны, астероиды и кометы, космические зонды становятся жизненно важным инструментом.

Космические зонды – автономные аппараты, исследующие удаленные планеты, астероиды и кометы. Идея их использования возникла в начале 20 века (Циолковский), но реализовалась лишь в 1959 году с запуском "Луны-1". С тех пор зонды стали незаменимым инструментом, позволяющим исследовать далекие объекты, проводить длительные наблюдения, изучать поверхности планет и искать внеземную жизнь. Их автономность и дальность полета делают их идеальными для изучения мест, недоступных пилотируемым миссиям.

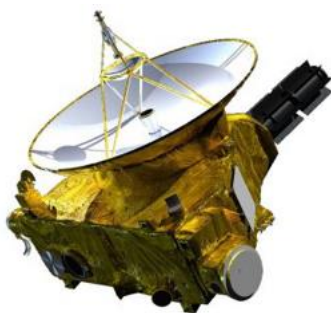


Рисунок 1. Автоматическая межпланетная станция “New Horizons” [5]

1.2 Проблемы двигателей космических зондов

Двигатели космических зондов сталкиваются с рядом проблем, включая:

- * Низкая эффективность: большая часть энергии топлива превращается в тепло, а не в тягу. Это ограничивает дальность полёта и полезную нагрузку. Только около 40–50% доступной энергии топлива используется для создания тяги.

- * Ограниченная мощность: ограничивает мощность двигателей и продолжительность их работы.

- * Тепловое управление: Двигатели выделяют много тепла, требуя эффективных систем охлаждения, увеличивающих массу и сложность.

- * Надежность: Двигатели космических зондов должны работать надежно в суровых условиях космоса, включая экстремальные температуры, радиацию

и микрогравитацию. Это требует использования высоконадежных материалов и конструкций.

Например, Аппарат «Пионер-10» использовал химические двигатели для тяги, а для питания бортовых систем — радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ). Несмотря на это, возможности миссии были ограничены: РИТЭГы имели ограниченный запас плутония-238 и снижали мощность с течением времени.

1.3 Определение и Принцип работы космического зонда термоядерном синтезе и МГД

Принцип работы термоядерного реактора основан на имитации процессов, происходящих в звездах – ядерном синтезе легких атомов. Вместо расщепления тяжелых ядер (как в атомных реакторах), здесь происходит слияние легких ядер, в результате чего выделяется огромное количество энергии. Рассмотрим процесс подробнее:

1. Подготовка топлива:

Выбор изотопов: в качестве топлива обычно используются изотопы водорода: дейтерий (D) и тритий (T). Дейтерий – природный изотоп водорода, достаточно распространенный в воде. Тритий – искусственный изотоп, его получают в специальных установках. Другие комбинации изотопов водорода также возможны, но D-T реакция наиболее эффективна на данный момент.

Ввод топлива в реактор: Дейтерий и тритий вводятся в реакторную камеру в виде плазмы – полностью ионизированного газа, состоящего из свободных электронов и положительно заряженных ионов.

2. Удержание плазмы:

Это, пожалуй, самая сложная задача в термоядерном синтезе. Для того, чтобы ядра дейтерия и трития слились, им необходимо преодолеть кулоновский барьер – силу электростатического отталкивания между положительно заряженными ядрами. Это возможно только при чрезвычайно высоких температурах – десятки и сотни миллионов градусов Цельсия. При таких температурах вещество находится в плазменном состоянии. Плазму нужно удержать в ограниченном объеме достаточно долго, чтобы произошло значительное количество реакций синтеза. Для этого используются различные методы:

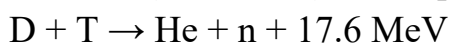
Магнитное удержание: В большинстве современных реакторов (токамаки, стеллараторы) плазма удерживается с помощью мощных

магнитных полей. Магнитное поле формирует своеобразную "магнитную ловушку", препятствуя контакту горячей плазмы со стенками реактора, что предотвращает ее охлаждение и разрушение.

Инерциальное удержание: В этом методе микроскопические сферы топлива сжимаются с помощью мощных лазеров или ионных пучков до очень высоких плотностей и температур, в результате чего происходит быстрая термоядерная реакция.

3. Термоядерная реакция:

Если температура и плотность плазмы достаточно высоки, и время удержания достаточно велико, начинается термоядерная реакция: ядра дейтерия и трития преодолевают кулоновский барьер и сливаются, образуя ядро гелия-4 (α -частица) и нейтрон.



В этой реакции выделяется энергия (17.6 МэВ), которая распределяется между гелием-4 и нейтроном.

4. Выделение энергии:

Кинетическая энергия продуктов реакции: Гелий-4 и нейтрон обладают высокой кинетической энергией. Эта энергия преобразуется в тепло.

Тепловая энергия: Тепло, выделяемое в реакторе, используется для нагрева воды, которая затем используется в паротурбинной установке для генерации электроэнергии.

5. Для преобразования энергии термоядерного синтеза в тягу предлагается использовать магнитогидродинамический (МГД) двигатель. МГД-двигатель основан на взаимодействии ионизированного рабочего тела (плазмы) с магнитным полем. Пропускание электрического тока через плазму в магнитном поле создает силу Лоренца, которая ускоряет плазму и генерирует тягу. Эта технология обещает значительно более высокий удельный импульс по сравнению с химическими ракетами, позволяя достигать невероятных скоростей и расстояний.

1.4 Термоядерный синтез в космических путешествиях: преимущества, недостатки и сравнение с химическими двигателями

Термоядерный синтез обещает революционизировать космические путешествия, предлагая значительно более эффективные двигатели, чем существующие химические. Однако, эта технология сопряжена со значительными трудностями.

Преимущества термоядерного синтеза:

Высокая удельная мощность: Необходимое для достижения заданной скорости количество топлива значительно меньше, что критически важно для межзвездных полетов.

Доступность топлива: Дейтерий (из воды) и гелий-3 (из планет-гигантов) широко распространены, снижая зависимость от земных ресурсов и позволяя теоретически осуществлять заправку в космосе.

Высокая эффективность: Значительная часть энергии топлива преобразуется в кинетическую энергию, уменьшая потребность в топливе и размеры топливных баков.

Экологическая чистота: Побочные продукты (в основном гелий) безвредны для окружающей среды.

Высокоскоростные полеты: Возможность создания двигателей с гораздо большей тягой, сокращающей время полета на порядки.

Расширение исследовательских возможностей: Доступ к отдаленным объектам Солнечной системы и за ее пределами для проведения длительных и детальных исследований.

Недостатки термоядерного синтеза:

Технологическая сложность: Создание и управление термоядерным реактором – чрезвычайно сложная задача, требующая масштабных исследований и разработок.

Высокая стоимость: Разработка, создание и эксплуатация термоядерного реактора потребуют колоссальных затрат.

Масса и размеры: даже компактный реактор будет иметь значительную массу и размер, ограничивая полезную нагрузку и усложняя конструкцию космического аппарата.

Сравнение двигателя для космического зонда -

Аппарат «Пионер-10» использовал химические двигатели для тяги и радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) для питания бортовых систем. Эта отдельная система была неэффективной. В отличие от этого, гипотетический будущий аппарат мог бы использовать термоядерный синтез как для создания тяги, так и для выработки энергии для бортовых систем, используя всего один источник энергии, что значительно повысило бы эффективность.

Таблица 1. Сравнение характеристик термоядерного синтеза и химических двигателей для космических путешествий

Характеристика	Термоядерный синтез	Химические реакции
Удельный импульс (Isp)	Теоретически, тысячи – миллионы секунд	≈ 450 секунд (лучшие жидкостные двигатели)
Скорость/Дальность	Высокая -4.37 -5 световых год	Ограничены низким Isp
Продолжительность работы	гипотетических значениях от нескольких лет до нескольких десятилетий(земных)	Ограничена запасом топлива
Типы двигателей	Прямое использование плазмы (МГД)	Твердотопливные, жидкостные

1.5 Термоядерные зонды: новые горизонты для казахстанской космонавтики и влияние на экономику

Развитие технологий термоядерного синтеза для космических аппаратов открывает перед Казахстаном уникальные возможности для развития собственной космонавтики и существенного экономического роста. Хотя создание термоядерных двигателей – задача чрезвычайно сложная и долгосрочная, участие Казахстана в этом процессе может принести ощутимые выгоды:

Развитие высокотехнологичных отраслей: Создание новых рабочих мест в сфере космических исследований, разработки и производства, стимулируя рост смежных отраслей (электроника, материаловедение, IT).

Укрепление международного сотрудничества: Привлечение иностранных инвестиций и участие в международных космических проектах, повышая престиж страны на мировой арене.

Новые возможности в науке: Получение уникальных научных данных о космосе и Земле, способствующих развитию фундаментальных и прикладных исследований.

Диверсификация экономики: Снижение зависимости от сырьевых отраслей за счет развития высокотехнологичного сектора.

2 глава Практическая часть

2.1 Создание экспериментальной установки термоядерного синтеза. Эксперименты.

Цель эксперимента – создание контролируемых условий для столкновения атомов водорода (в данном случае, мы используем доступные аллотропные модификации водорода, несмотря на их ограниченное распространение на Земле; предполагается, что при определенных условиях реакции, необходимые модификации будут образовываться в достаточном количестве для наблюдения эффекта).

Компоненты Установки и Их Функции:

1. **Основание (Подложка):** Стабильная платформа, обеспечивающая жесткость и неподвижность всей конструкции. Используется прочная деревянная доска.

2. **Вакуумная камера:** Герметичная емкость, в которой создается вакуум для исключения влияния атмосферных газов на реакцию. В качестве вакуумной камеры используется обычная стеклянная банка. Прозрачность банки позволяет визуальное контролировать ход эксперимента.

3. **Реакционная сфера:** Небольшой сферический контейнер, в котором происходит столкновение атомов водорода. Использование сферы способствует равномерному распределению энергии. Сфера изготовлена из тонкой алюминиевой проволоки, с небольшим отверстием.

4. **Внешняя обмотка (Индуктор):** Проволока, намотанная вокруг реакционной камеры. Выполняет две функции:

- * **Увеличение плотности плазмы:** Повышает вероятность столкновений атомов водорода за счет создания неоднородного электромагнитного поля.

- * **Подключение к вакуумной системе:** Обеспечивает герметичное соединение с вакуумным насосом.

5. **Трубка подачи водорода:** Тонкая трубка для контролируемого ввода газообразного водорода в реакционную камеру. Материал трубки – алюминиевая проволока, обеспечивающая совместимость с вакуумной системой.

6. **Уплотнитель:** Герметизирующий элемент, обеспечивающий полную герметичность вакуумной камеры. В качестве уплотнителя используется силиконовая прокладка.

7. **Вакуумный насос:** создает и поддерживает вакуум внутри стеклянной банки.

8. **Вакуумметр:** измеряет и контролирует уровень вакуума внутри камеры.

9. **Источник водорода:** Система для подачи газообразного водорода в реакционную камеру. (Подробное описание источника и метода подачи будет приведено в отдельной главе).

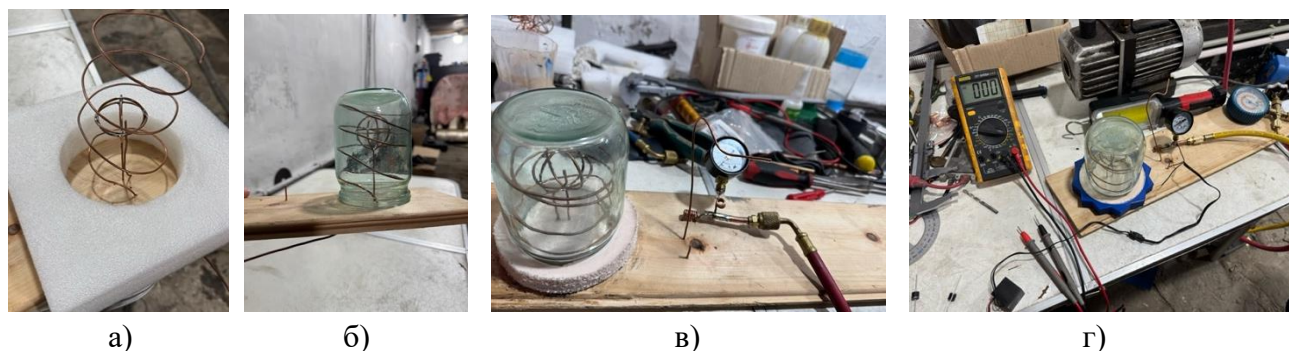


Рисунок 2. Последовательная сборка установки.

- а) подложка и индуктор б) реакционная сфера в) подключение к вакуумной камере
г) подключение питания

Эксперименты:

1. На вакуум -цель- проверить герметичность установки. Эксперимент по измерению времени удержания вакуума в герметичной банке с использованием вакуумного насоса (ротационного) был проведен. Вакуумный насос был соединен с банкой посредством системы трубок. Время, за которое давление в банке оставалось сниженным (вакуумным), регистрировалось. Результат: вакуум в банке удерживался не менее 60 минут.



Рисунок 3. Показания вакуумметра

2. Эксперимент по проверке работоспособности экспериментальной установки термоядерного синтеза. Установка, предположительно включающая в себя систему магнитного удержания плазмы, была предварительно подготовлена и эвакуирована до вакуума. В камеру был введен водород (в нем есть доля дейтерия). Инициирование реакции термоядерного синтеза, было осуществлено с использованием метода естественного электрического разряда. В результате эксперимента

наблюдалось высвобождение энергии в виде свечения, свидетельствующее о протекании реакции термоядерного синтеза.

Рисунок 4. Процесс термоядерного синтеза.



2.2 Проектирование космического зонда с термоядерным реактором.

Проект космического зонда предполагает использование термоядерного реактора в качестве источника энергии. Основные этапы проектирования макета включают:

1. Разработка корпуса и главной антенны:

Корпус зонда выполнен в виде срезанного конуса. На нём размещена антенна из алюминиевой проволоки, геометрия которой оптимизирована для эффективного функционирования в космическом пространстве.

2. Размещение термоядерного реактора и МГД двигателя:

Модель термоядерного реактора и МГД двигателя созданы с использованием алюминиевой проволоки и конструкционного корпуса и тонких металлических листов. МГД двигатель, расположенный в нижней части конструкции, преобразует энергию плазмы, генерируемой термоядерным реактором, в тягу.

3. Разработка и интеграция научной аппаратуры (корпуса датчиков и крепежные элементы, были разработаны с использованием программного обеспечения для 3D-моделирования (Fusion 360) и изготовлены методом аддитивного производства (3D-печать).)

Техническая секция зонда включает следующие компоненты:

- * **Гелиевые векторные магниты:** обеспечивают управление ориентацией и стабилизацию зонда.

- * **Главный плазменный анализатор:** Анализ свойств плазмы (как от реактора, так и из окружающей среды).

- * **Датчик инфракрасного излучения:** Обнаружение источников инфракрасного излучения.

- * **Датчик заряженных частиц:** Анализ потока заряженных частиц.

* **Сенсорный детектор астероидов и метеоритов:** Предотвращение столкновений.

* **Сенсорная панель метеорного детектора:** Обработка данных о потенциальных столкновениях с метеорами и астероидами.

* **Ультрафиолетовый фотометр:** Измерение интенсивности ультрафиолетового излучения.

* **Детекторы захваченной радиации:** Измерение уровня радиации.

* **Телескоп для космических лучей:** Изучение космических лучей высокой энергии.

* **Трубка Гейгера:** Измерение уровня ионизирующего излучения.

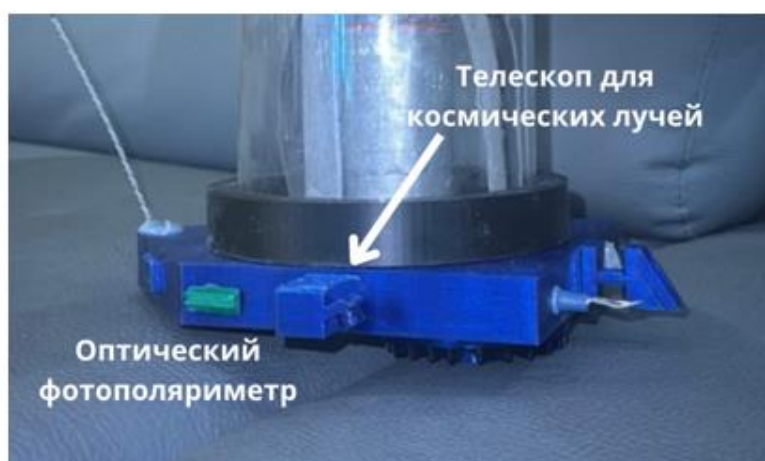
* **Оптический фотометр:** Измерение интенсивности света в видимом спектре.



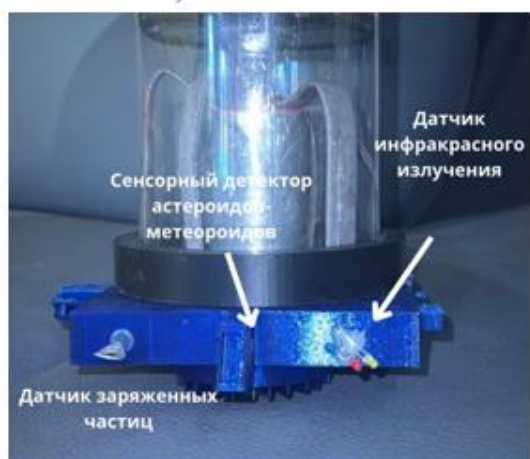
Рисунок 5. Главная антенна.



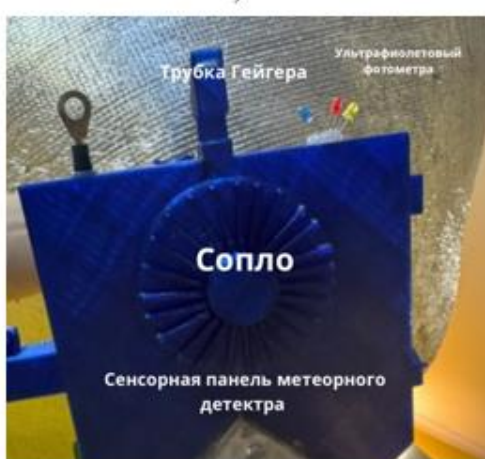
а)



б)



в)



г)

Рисунок 6. Устройство зонда.

а) вид справа б) вид слева в) вид с обратной стороны г) вид снизу



Рисунок 7. Автор с зондом.

Заключение

Результаты исследования демонстрируют перспективность использования управляемого термоядерного синтеза в космических зондах. Полученные данные позволяют предположить, что к 2030 году разработка и внедрение подобных технологий станет экономически целесообразным, открывая новые возможности для освоения космоса и обеспечивая Казахстану ведущие позиции в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс] // URL: https://old.bigenc.ru/technology_and_technique/text/3959633 (дата обращения: 23.10.2023).
2. Космические аппараты за пределами Солнечной системы [Электронный ресурс] // URL: <https://share.kz/g50w> (дата обращения: 23.10.2023).
3. Что такое термоядерный синтез и почему его так сложно запустить? [Электронный ресурс] // МАГАТЭ. URL: <https://share.kz/gmkQ> (дата обращения: 23.10.2023).

4. Трефилов, В. Ядерный распад и синтез [Электронный ресурс] // Элементы. URL: https://elementy.ru/trefil/21178/Yadernyy_raspad_i_sintez (дата обращения: 23.10.2023).

5. <https://www.google.com/amp/s/lifehacker.ru/krutye-kosmicheskie-apparaty/amp/>

6. Видео ролик научной работы-<https://youtu.be/i3RY-YwT2hs?feature=shared>

THE APPLICATION OF NUCLEAR FUSION AS A POWER SOURCE FOR SPACE PROBES IN KAZAKHSTAN'S LONG-RANGE SPACE MISSIONS

A.V. Nemytova

Abstract: This work explores the application of nuclear fusion as a power source for space probes within the framework of Kazakhstan's long-term space program. These probes would be deployed on deep space missions to study planets, asteroids, comets, and other celestial bodies, as well as to investigate the interstellar medium. Current interplanetary spacecraft, such as Pioneer 10, are limited in range and capabilities due to the use of chemical engines with low energy efficiency. Long-duration interplanetary missions require substantial energy resources to power scientific instruments and transmit data back to Earth.

The proposed project develops an alternative power system based on nuclear fusion – a process mimicking the reactions occurring in the Sun. It centers on a controlled nuclear fusion reaction of light elements (e.g., deuterium and tritium), which releases a vast amount of energy. The conversion of this energy into thrust would be achieved using a magnetohydrodynamic (MHD) drive.

Utilizing nuclear fusion would enable the creation of space probes with significantly greater range and autonomy, opening up new possibilities for deep space exploration. For Kazakhstan, the implementation of this project holds strategic importance, placing the country at the forefront of space technology and facilitating new scientific discoveries. The project's success could lead to the development of new materials and technologies with both scientific and economic value.

Keywords:

Thermonuclear fusion: The main technology underlying the project.

Space probe: An object of research and application of technology.

Interplanetary missions: The purpose of the application of the developed technology.

MHD engine (magnetohydrodynamic engine): A method for converting fusion energy into thrust.

Energy efficiency: A key advantage of the proposed technology.

Deep space: The field of application of a space probe.

Kazakhstan space program: The national orientation of the project.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ ҒАРЫШТЫҚ МИССИЯЛАРЫ ҮШІН ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ ЭНЕРГИЯ КӨЗІ РЕТІНДЕ ТЕРМОЯДРОЛЫҚ СИНТЕЗДІ ҚОЛДАНУ

А.В. Немытова

Аннотация: Бұл жұмыс Қазақстанның ұзақ мерзімді ғарыш бағдарламасы аясында ғарыш аппараттары үшін энергия көзі ретінде термоядролық синтезді қолдануды зерттеуге арналған. Бұл аппараттар планеталарды, астероидтарды, кометаларды және басқа да аспан денелерін зерттеуге, сондай-ақ жұлдызаралық ортаны зерттеуге арналған алыс ғарыштық миссияларға жіберіледі. «Пионер-10» сияқты қазіргі заманғы ғаламшарлар аралық аппараттары энергия тиімділігі төмен химиялық қозғалтқыштарды пайдалануына байланысты ұшу қашықтығы мен мүмкіндіктері шектеулі. Ұзақ мерзімді ғаламшарлар

аралық миссиялар ғылыми аппаратураның жұмысын қамтамасыз ету және Жерге деректер жіберу үшін елеулі энергетикалық ресурстарды талап етеді.

Ұсынылып отырған жоба Күнде жүретін реакцияларды еліктейтін процесс – термоядролық синтезге негізделген баламалы қуаттандыру жүйесін әзірлейді. Оның негізінде жеңіл элементтердің (мысалы, дейтерий мен тритийдің) басқарылатын ядролық синтез реакциясы жатыр, ол үлкен мөлшерде энергия бөліп шығарады. Бұл энергияны тарту күшіне айналдыру магнетогидродинамикалық (МГД) қозғалтқыштың көмегімен жүзеге асырылады.

Термоядролық синтезді пайдалану ұшу қашықтығы мен автономиясы айтарлықтай жоғары ғарыш аппараттарын жасауға мүмкіндік береді, бұл алыс ғарышты зерттеуге жаңа мүмкіндіктер ашады. Қазақстан үшін бұл жобаны іске асыру стратегиялық маңызға ие, елді ғарыш технологиясы саласында алдыңғы қатарлы орынға шығарады және жаңа ғылыми ашуларға ықпал етеді. Жобаның сәтті аяқталуы ғылыми және экономикалық маңызы бар жаңа материалдар мен технологияларды әзірлеуге әкелуі мүмкін.

Түйін сөздер:

Термоядролық синтез: жобаның негізгі технологиясы.

Ғарыштық зонд: технологияны зерттеу және қолдану объектісі.

Планетааралық миссиялар: әзірленген технологияны қолдану мақсаты.

МНД қозғалтқышы (магнетогидродинамикалық қозғалтқыш): термоядролық энергияны итеруші күшке айналдыру әдісі.

Энергия тиімділігі: ұсынылған технологияның басты артықшылығы.

Түпкі ғарыш: ғарыштық зондтың қолдану аясы.

Қазақстандық ғарыш бағдарламасы: ұлттық жобаның бағыты.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ПАТЕНТОВАНИЯ

Г. С. Гришко 

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 82А
E-mail: GGrishko@sfu-kras.ru

Аннотация: В статье рассматривается значимость анализа патентной активности для оценки перспектив технологического развития. Обсуждаются методы количественной оценки инновационной активности через динамику патентования, выявление трендов и стадий жизненного цикла технологий. Особое внимание уделяется использованию S-образных моделей роста для описания накопленного числа патентов. Рассмотрены ограничения использования существующих методов в прогнозировании. С целью повышения точности прогнозов предложено дополнить традиционный анализ оценкой темпа изменения патентной активности. Приведен пример практического применения предложенных методов, подтверждающий их перспективность при выявлении этапов развития технологии.

Ключевые слова: анализ патентной активности, S-образная модель роста, прогнозирование технологического развития, динамика инноваций.

Введение

В условиях стремительного развития науки и техники критически важной является задача оценки перспективности направлений совершенствования и изменения технологий. Она актуальна как при развитии существующего бизнеса, так и при запуске нового, поскольку выбор правильного направления определяет успешность инвестиций в научные исследования, разработки и внедрение технологий. Кроме того, определение технологических областей с высоким потенциалом развития позволяет минимизировать риски и избежать инвестиций в устаревающие или малопродуктивные технологии. При этом естественно, что нет возможности гарантировать 100% успех в технологическом предпринимательстве, но его вероятность можно значительно повысить, анализируя перспективные направления.

Одним из ключевых инструментов оценки потенциала конкретной технологии является анализ динамики ее патентования [1]. Этот метод позволяет выявить темпы и уровень активности в конкретной области, что дает представление о её востребованности и перспективах развития. Анализ

динамики патентования обладает рядом неоспоримых преимуществ для оценки будущего потенциала развития технологий.

Данные о динамике патентования (о количестве поданных патентных заявок в год) предоставляют объективные количественные показатели, позволяющие оценить уровень инновационной активности в определённой технологической области. Это помогает сравнивать различные направления по числовым характеристикам и выявлять области с наибольшим потенциалом.

Путём анализа годовых показателей патентной активности можно обнаружить тренды и циклы развития, периоды бурного роста, стабилизации и спада. Это позволяет не только оценить текущее состояние, но и проследить динамику развития технологии во времени.

Прогнозирование будущих изменений путем изучения исторических данных о патентовании даёт возможность строить прогнозы относительно дальнейшего развития технологии. Моделирование (например, с использованием S-кривых) позволяет предположить, когда технология достигнет пика или начнёт стагнировать, что важно для принятия стратегических решений [2].

Анализ патентных данных позволяет проводить сравнительную оценку между разными технологиями или отраслевыми направлениями [3]. Это может существенно помочь инвесторам и менеджерам выбирать наиболее перспективные области для вложения ресурсов.

Современные патентные базы данных обеспечивают оперативный доступ к актуальной информации. Это позволяет проводить анализ в режиме реального времени, что особенно важно в условиях быстроменяющихся технологий.

Результаты анализа патентной активности так же могут служить надёжным ориентиром и поддержкой принятия стратегических решений для инвесторов, разработчиков и руководителей компаний. Они помогают оценивать риски и перспективы, а также оптимизировать стратегию развития и инвестирования.

Анализ распределения патентов по регионам и отраслям помогает выявить географические и отраслевые кластеры, где концентрация инновационной активности особенно высока. Это может указывать на синергетический эффект и дополнительные возможности для сотрудничества.

Данные о патентовании часто используются в комплексе с другими аналитическими инструментами (например, анализом цитируемости,

спектральным анализом [4] или машинным обучением [5]). Это позволяет получить более глубокое и всестороннее понимание технологических тенденций. Такой комплексный подход способствует повышению точности оценки и позволяет своевременно реагировать на изменения в технологическом ландшафте.

Наиболее объективным подходом при проведении данного вида исследований является анализ патентной активности, отнесенной к определённой технологической области в соответствии с какой либо патентной классификацией, например, Международной патентной классификацией (МПК) или Совместной патентной классификацией. При этом актуальные данные о патентной активности могут быть получены с помощью современных патентных баз данных, таких, как например Orbit Intelligence [6].

Визуальное представление данных о патентной активности в виде графиков и/или диаграмм позволяет определять этапы роста и спада в развитии технологий. Подобная информация является важным инструментом для сравнительного анализа различных направлений и позволяет делать предварительные прогнозы об их будущей востребованности.

При всех своих неоспоримых преимуществах анализ динамики патентования, естественно, обладает рядом ограничений. В частности, он не всегда позволяет точно предсказать будущее развитие технологии, особенно если данные анализируются в конце периода пикового роста. Ошибки прогнозирования могут привести к неверным инвестиционным решениям, особенно если не учитывать возможные спады после периода бурного развития.

Все это обуславливает актуальность задачи повышения точности прогнозирования путем извлечения из численных данных о патентовании дополнительной информации. Это в итоге с гораздо большей вероятностью позволит выявить устойчивые закономерности в развитии технологий и уменьшить неопределенность при их оценке.

Одним из эффективных подходов является исследование функции общего числа патентов в технологической области. Как правило, эта функция описывается какой-либо из S-образных кривых роста популяции [7], что позволяет оценивать текущий этап развития технологии и делать прогнозы о её дальнейшем развитии. Однако анализ S-кривых также имеет свои ограничения, связанные с тем, что определение начала и продолжительности периода бурного роста затруднительно, поскольку общая S-кривая может

быть результатом наложения нескольких последовательных этапов технологического развития.

Для повышения точности прогнозной оценки потенциала развития технологии предлагается дополнительно к анализу динамики патентования и общего числа патентов анализировать темпы или «скорость» изменения патентной активности. Этот показатель характеризует динамику развития технологии и позволяет выявить критические точки её эволюции, что снижает неопределенность прогнозирования.

В качестве примера проведено исследование динамики патентования в технологической области, связанной с развитием и совершенствованием конструктивной схемы тепловых дизельных двигателей. Рассмотрена мировая патентная активность по подгруппе МПК F02B 3/06 – «Двигатели, характеризующиеся сжатием воздуха и последующей подачей топлива с самовоспламенением» на основании данных из базы Orbit Intelligence [6] с 1908 по 2025 год.

На рис. 1 представлена динамика патентования (количества патентов в год), на рис. 2 – график накопленного количества выданных патентов (нарастающим итогом), на рис. 3 – темп изменения динамики патентования соответствующей подгруппы МПК.

Анализируя полученные данные, можно делать следующие выводы. Пик развития технологии дизельных двигателей пришелся на 1993 год, после чего наблюдается снижение патентной активности. Кривая общего числа патентов имеет S-образный характер, указывающий на стагнацию технологии. График темпов изменения патентной активности демонстрирует высокую волатильность в период с 1979 по 2006 годы, что отражает наиболее динамичный этап развития технологии. С 1971 по 1979 годы наблюдался стабильный рост числа патентуемых в год технических решений на протяжении 9 лет со средним приращением около 24 патентов в год, предшествующий бурному развитию дизельных двигателей с 1980 по 1993 годы. Эти данные подтверждают выводы о жизненном цикле технологии [8].

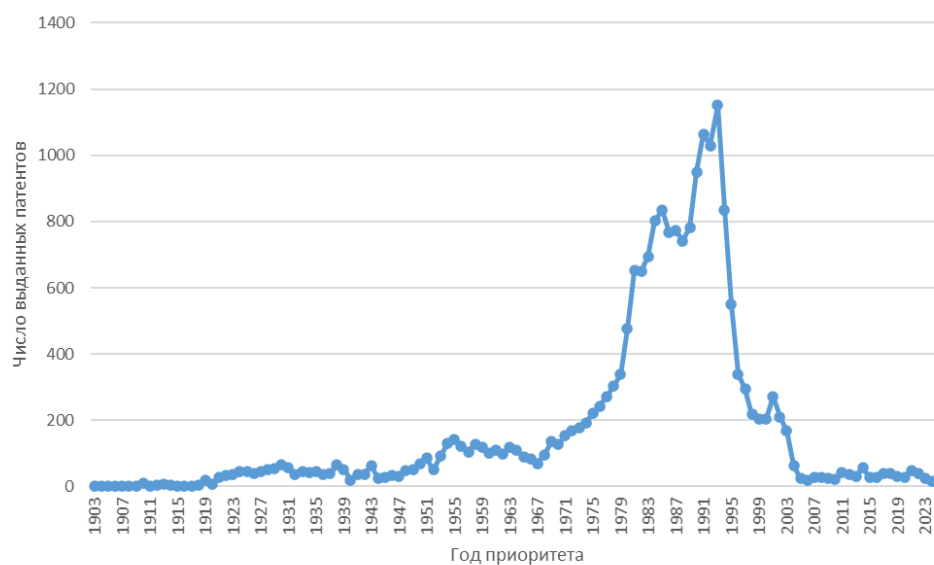


Рис. 1 – Зависимость числа выданных патентов для подгруппы МПК F02B 3/06 от года приоритета

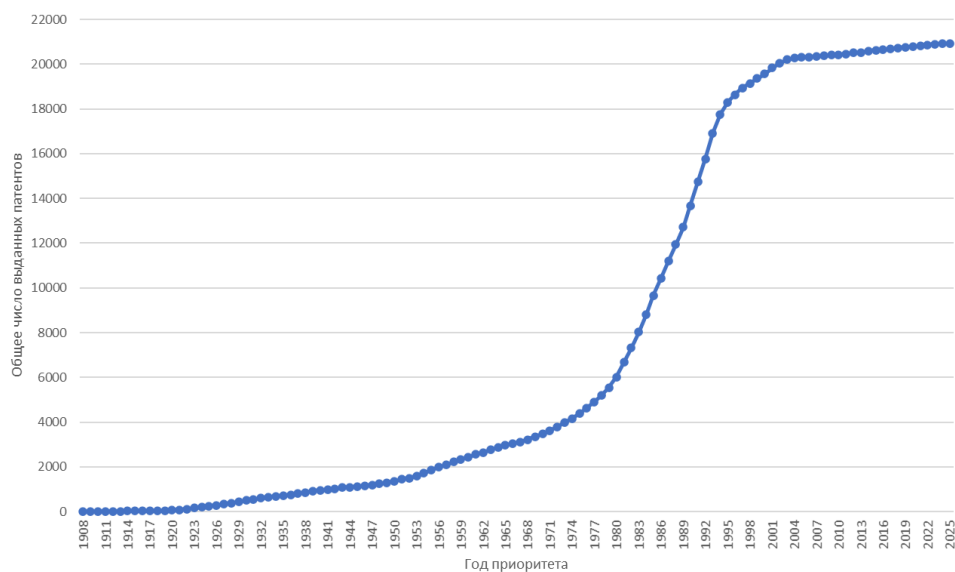


Рис. 2 – Зависимость накопленного количества выданных патентов (нарастающим итогом) для подгруппы МПК F02B 3/06 от года приоритета

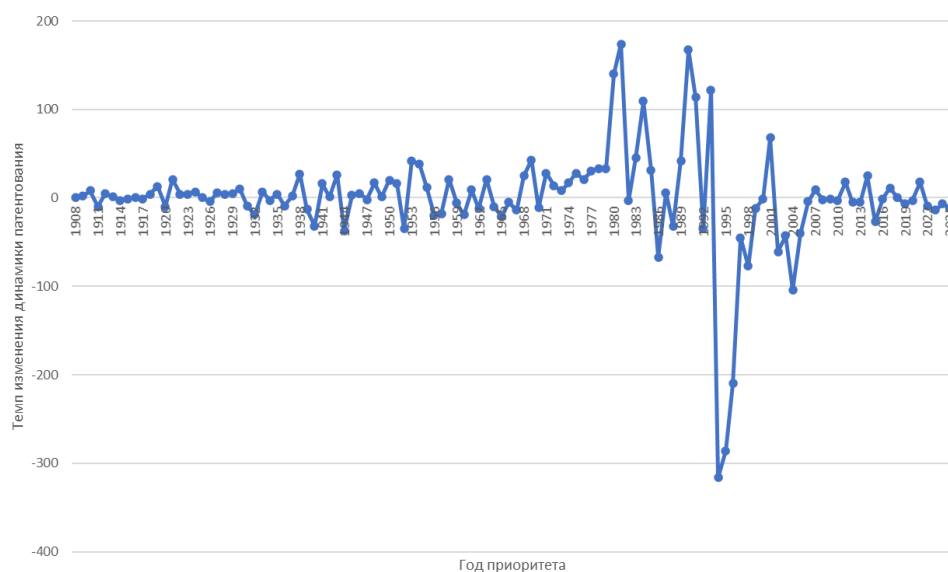


Рис. 3 – Зависимость темпа изменения динамики патентования для подгруппы МПК F02B 3/06 от года приоритета

Комплексный анализ трех показателей (количество патентов в год, общее число патентов, темпы изменений патентной активности) позволяет более точно оценить перспективность технологических направлений и минимизировать ошибки при прогнозировании их будущего развития. Перспективным в дальнейшем представляется применение методов спектрального анализа для выявления скрытых закономерностей в динамике патентования [4]. Это может позволить более точно предсказывать фазы развития технологий.

По результатам исследований так же можно сделать вывод, что с высокой точностью можно подтвердить упадок технологии, однако предсказать её будущее развитие намного сложнее [9]. Это создает дополнительные вызовы при выборе направлений инвестирования в технологические разработки.

Комплексный анализ динамики патентования является эффективным инструментом для оценки потенциала развития технологий. Однако для повышения точности прогнозирования необходимо применять дополнительные методы, такие как спектральный анализ и машинное обучение и учитывать возможные скрытые тренды. Будущие исследования в этой области могут позволить существенно улучшить методы технологического прогнозирования, снизить риски принятия неверных решений в сфере инвестирования в инновации и обеспечить устойчивое развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлова Н. С. Рекомендации по исследованию уровня и тенденций развития техники на основе патентной информации / Н. С. Орлова; под ред. В. И. Блинникова. - М.: ВНИИПИ, 1988.
2. Гришко, Г. С. Прогнозирование развития технологий дорожного строительства на основе анализа динамики патентования и логистической модели роста популяций / Г. С. Гришко // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : Материалы VIII Международной научной конференции. В 4-х частях, Красноярск, 24–27 сентября 2024 года. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2024. – С. 147-151.
3. Гришко, Г. С. Прогнозирование развития инновационных технологий в области материалов для дорожного строительства / Г. С. Гришко // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 23–25 октября 2024 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2024. – С. 28-31.
4. Гришко, Г. С. Оценка цикличности развития строительно-дорожной техники на основе патентной информации / Г. С. Гришко // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 26–27 мая 2022 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2022. – С. 42-48.
5. Гришко, Г. С. Эволюционное исследование конструктивных схем наземных транспортно-технологических средств / Г. С. Гришко // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта, Екатеринбург, 06 декабря 2019 года / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. – С. 66-68.
6. Orbit [Электронный ресурс]. URL: <https://www.orbit.com> (дата обращения: 26.03.2025).
7. Соколов С. В. Модели динамики популяций: учеб. Пособие / С. В. Соколов. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, «ЛЭТИ», 2018.
8. Кристенсен, К. М. Дилемма инноватора : как из-за новых технологий погибают сильные компании / К. М. Кристенсен ; Клейтон М.

Кристенсен ; пер. с англ. [Т. Овсенева]. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2012. – 238 с.

9. Технический прогресс: концепции, модели, оценки / Д. Сахал ; перевод с англ. Ю. А. Данилова, О. И. Соколова ; под ред. А. А. Рывкина. – Москва : Финансы и статистика, 1985. – 367 с.

**ПАТЕНТТЕУ ДИНАМИКАСЫН ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ДАМУ
ӘЛЕУЕТІН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ**
Гришко Г. С.

Аннотация. Мақалада Технологиялық даму перспективаларын бағалау үшін патенттік белсенділікті талдаудың маңыздылығы қарастырылады. Патенттеу динамикасы, технологиялардың өмірлік циклінің трендтері мен кезеңдерін анықтау арқылы инновациялық белсенділікті сандық бағалау әдістері талқыланады. Жинақталған патенттер санын сипаттау үшін S-тәрізді өсу үлгілерін пайдалануға ерекше назар аударылады. Болжауда қолданыстағы әдістерді қолданудың шектеулері қарастырылады. Болжамдардың дәлдігін арттыру мақсатында дәстүрлі талдауды патенттік белсенділіктің өзгеру қарқынын бағалаумен толықтыру ұсынылды. Технологияның даму кезеңдерін анықтау кезінде олардың болашағын растайтын ұсынылған әдістерді практикалық қолданудың мысалы келтірілген.

Түйінді сөздер: патенттік белсенділікті талдау, S-тәрізді даму моделі, технологиялық дамуды болжау, инновация динамикасы.

**COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT
POTENTIAL BASED ON ANALYSIS OF PATENTING DYNAMICS**
G. S. Grishko

Abstract. The article examines the importance of patent activity analysis for assessing the prospects of technological development. Methods for quantifying innovation activity through the dynamics of patenting, identifying trends and stages of the technology life cycle are discussed. Special attention is paid to the use of S-shaped growth models to describe the accumulated number of patents. The limitations of using existing methods in forecasting are considered. In order to improve the accuracy of forecasts, it is proposed to supplement the traditional analysis with an estimate of the rate of change in patent activity. An example of the practical application of the proposed methods is given, confirming their promise in identifying the stages of technology development.

Keywords: patent activity analysis, S-shaped growth model, forecasting technological development, innovation dynamics

БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИССИИ ПО ДОСТАВКЕ ОБРАЗЦОВ МАРСИАНСКОГО ГРУНТА: РАСЧЁТЫ ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МАНЁВРОВ

С.А. Омельчук^{id}

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»
443086, Россия, г. Самара, Московское ш., 34
E-mail: sergei.omelchuk@list.ru

Аннотация: В данной работе рассматривается баллистическая схема перелёта автоматической межпланетной станции (АМС), предназначенной для доставки образцов марсианского грунта на Землю. Представлена структура АМС, включающая орбитальный и десантный модули. Представлено функциональное назначение модулей. Описаны этапы миссии, включая выбор межпланетной траектории, расчёт приращений характеристической скорости и массы топлива, а также указаны величины корректировки скорости в процессе полёта. Представлены результаты расчётов для различных этапов, таких как старт с околоземной орбиты, манёвры в глубоком космосе, выход на орбиту вокруг Марса, запуск ракеты-носителя с поверхности Марса и возвращение образцов марсианского грунта на Землю. Полученные данные могут быть использованы при проектировании реальных миссий по исследованию Марса и других планет.

Ключевые слова: Автоматическая межпланетная станция, баллистика, Гомановская траектория, доставка образцов грунта, Марс, характеристическая скорость.

Введение

Исследование космического пространства является одним из ключевых приоритетов современной науки и техники. Особое внимание уделяется изучению Марса. За последние годы реализован ряд успешных роботизированных миссий, значительно расширивших наши знания о геологии, климате и потенциальной обитаемости Марса. Эти достижения открывают новые возможности для дальнейшего исследования планеты, в том числе с помощью перспективных АМС с возвращаемыми элементами.

На данный момент не выполнена ни одна миссия, в ходе которой космические аппараты (КА) смогли успешно собрать и доставить образцы марсианского грунта на Землю. Это связано с рядом технических и инженерных сложностей, возникающих при посадке и взлёте с поверхности Марса, а также с задачами по транспортировке образцов через космос.

Разработка

Предлагается разработка АМС, способной выполнить миссию по доставке образцов марсианского грунта на Землю. Перед рассмотрением баллистической части миссии, представим функциональное назначение модулей и состав АМС.

АМС состоит из нескольких модулей, каждый из которых выполняет определённые задачи:

1. Орбитальный модуль (ОМ) – ключевой элемент станции, обеспечивающий доставку всей АМС от Земли к Марсу, выполнение коррекции траектории перелёта, выход на марсианскую орбиту, связь с Землёй, а также приём, хранение и доставку на Землю возвращаемых образцов марсианского грунта. На рисунке 1 представлен общий вид ОМ в рабочем положении.

2. Десантный модуль (ДМ) – предназначен для входа в атмосферу Марса, посадки и доставки научной полезной нагрузки на поверхность Марса. Включает теплоизоляционный экран, задний кожух, парашютную систему и посадочный модуль. На посадочном модуле ДМ установлен контейнер для хранения возвращаемой ракеты-носителя (ВРН). Он выполняет функции защиты, транспортировки и развёртывания ВРН на стартовую позицию. На рисунке 2 представлен общий вид ДМ в транспортном положении.

3. Адаптер с системой отделения ДМ от ОМ. Он обеспечивает необходимое крепление ДМ на ОМ во время полёта от Земли к Марсу, а также содержит систему, которая позволяет совершить разделение ДМ и ОМ.

4. Марсоход – предназначен для передвижения по поверхности, забора образцов марсианского грунта и их загрузки в ВРН.

5. ВРН – ракета-носитель, стартующая с поверхности Марса. Обеспечивает доставку контейнера с образцами марсианского грунта на орбиту искусственного спутника Марса (ИСМ).

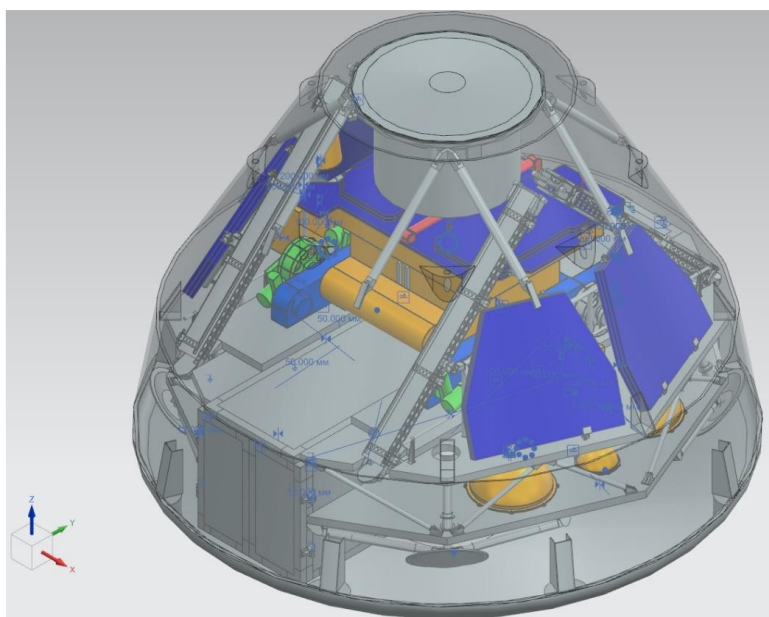


Рисунок 1 – Общий вид ДМ в транспортном положении
(защитный кожух полупрозрачный)

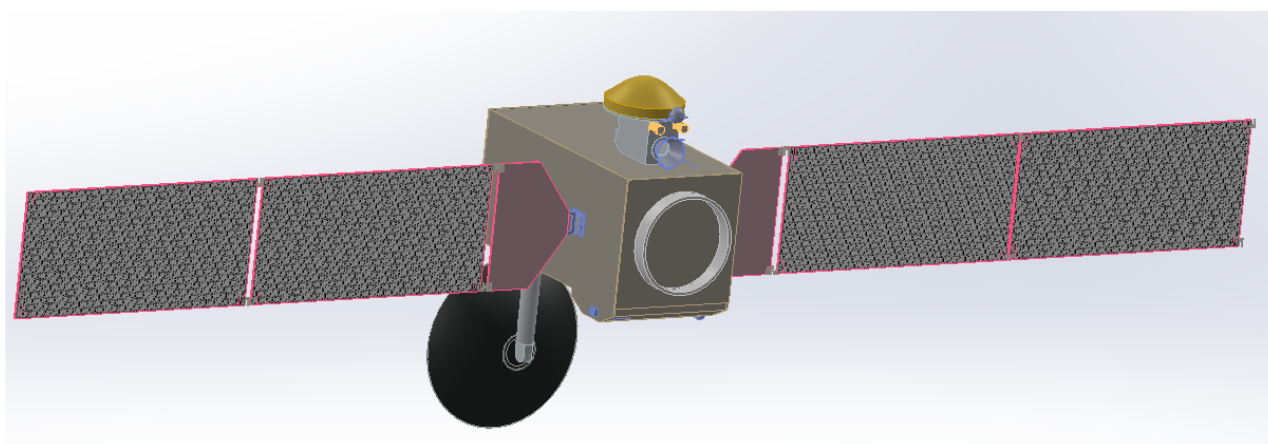


Рисунок 2 – Общий вид ОМ в рабочем положении

После представления основных компонентов АМС, перейдём к рассмотрению баллистической части миссии. Миссия АМС включает несколько этапов, обеспечивающих полный цикл перелёта от старта с орбиты Земли до возврата образцов на Землю. Первоначально АМС вместе с разгонным блоком выводится на низкую околоземную орбиту высотой 200 км, после чего выполняется манёвр перехода на межпланетную траекторию. Разгонный блок отделяется от АМС после завершения манёвра перехода. В качестве межпланетной траектории для отправки АМС выбирается перелёт по Гомановской траектории, так как он обеспечивает минимальные энергетические затраты при переходе от гелиоцентрической орбиты Земли к гелиоцентрической орбите Марса [1].

Перелёт на Марс с использованием Гомановской траектории требует выбора оптимального стартового окна, когда фазы Земли и Марса позволяют достичь минимальных энергетических затрат. Стартовые окна к Марсу открываются примерно раз в 26 месяцев, когда угловое положение планет позволяет отправить АМС с минимальными энергетическими затратами. Предварительно, старт миссии запланирован на сентябрь 2039 года, посадка на Марс состоится в августе 2040 года [2]. Небольшие ошибки, которые могут возникнуть на этапе запуска миссии, должны быть исправлены манёврами во время полёта по Гомановской траектории [3].

На подлёте к Марсу, за пределами его сферы влияния, ДМ отделяется от ОМ. Такое разделение осуществляется на данном этапе, чтобы подготовить каждый модуль к выполнению своих поставленных задач. Расстояние от планеты, на котором будет совершаться отделение ДМ от ОМ, принимаем равным 640 тыс. км. Таким образом, АМС, обеспечивая рассчитанные параметры гиперболы сближения выполнением манёвров корректировки в глубоком космосе, позволяет ДМ выйти на траекторию для входа в атмосферу Марса без необходимости значительных корректирующих манёвров. ДМ продолжает лететь по ранее выстроенной траектории, а затем входит в атмосферу Марса. ОМ направляется на траекторию, которая позволит ему выйти на стабильную орбиту ИСМ, где он будет выполнять функции связи и поддержки. Разделение модулей на этом этапе также минимизирует риски взаимного влияния их траекторий и позволяет эффективно использовать топливо каждого модуля для решения его задач, так как за пределами сферы влияния Марса не приходится тратить топливо для преодоления влияния гравитационного притяжения планеты и ОМ можно увести на новую траекторию с меньшими затратами топлива.

Суммарное изменение характеристической скорости при проведении манёвров корректировки в глубоком космосе составляет не более 50 м/с [3].

Десантный модуль продолжает движение по гиперболической траектории и входит в атмосферу Марса. Спуск осуществляется в несколько этапов: сначала происходит аэродинамическое торможение, затем раскрывается парашютная система, а на финальном участке используются посадочные двигатели для обеспечения мягкой посадки.

После завершения исследовательской программы и сбора образцов грунта ВРН стартует с поверхности Марса и выходит на орбиту ИСМ. Происходит отстыковка от ВРН контейнера с образцами марсианского грунта. На орбитальном модуле установлена система захвата и хранения, которая

ловит контейнер с грунтом. Орбитальный модуль выполняет разгонный манёвр, переводя аппарат на Гомановскую траекторию возвращения к Земле.

При подлёте к Земле возвращаемая капсула с образцами грунта отделится от ОМ, войдёт в атмосферу Земли и совершит посадку в заданном районе. ОМ, выполнив свою задачу, направится на траекторию, ведущую за пределы сферы влияния Земли, чтобы выйти на орбиту вокруг Солнца и никогда не вернуться на Землю. Перед разделением возвращаемой капсулы и ОМ, АМС должна выйти на траекторию пересечения с Землёй, что достигается благодаря манёврам в глубоком космосе.

Расстояние от планеты, на котором будет совершаться отделение возвращаемой капсулы от ОМ, принимается равным 1000 тыс. км. Суммарное изменение характеристической скорости при проведении манёвров корректировки в глубоком космосе составляет не более 50 м/с [3].

Проведены расчёты затрат характеристической скорости для выполнения всех необходимых манёвров. Для каждого манёвра произведён расчёт необходимой массы топлива по формуле, полученной из уравнения Циолковского:

$$m_f = m_i \left(1 - e^{-\frac{\Delta v}{v_e}} \right), \quad (1)$$

где m_f - масса израсходованного топлива, кг;

m_i - начальная масса аппарата перед манёвром, кг;

Δv - изменение характеристической скорости, м/с;

v_e - скорость истечения рабочего тела, м/с.

Сводные данные по характеристическим скоростям, скоростям истечения рабочих тел и массам топлива приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчёта затрат характеристической скорости и массы топлива

Наименование манёвра	Изменение характеристической скорости, Δv , м/с	Масса израсходованного топлива, m_f , кг	Скорость истечения рабочего тела, v_e , м/с
Старт с низкой околоземной орбиты Земли	3612	12801	4542

и переход на межпланетную траекторию			
Коррекции в процессе перелёта Земля-Марс	50	95	3218
Увод ОМ от столкновения с Марсом	323	348	3218
Выход ОМ на орбиту вокруг Марса	2235	1649	3218
Старт ВРН с поверхности Марса и выход на орбиту ИСМ	3480	195	3985
Старт с орбиты ИСМ и переход на межпланетную траекторию	2069	780	3218
Коррекции в процессе перелёта Марс-Земля	50	14	3218
Увод ОМ от столкновения с Землёй	207	50	3218

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании реальных космических миссий, направленных на исследование Марса и других планет, обеспечивая оптимальное использование ресурсов и минимизацию энергетических затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Howard D. Curtis, Orbital Mechanics for Engineering Students [Текст] / Howard D. Curtis. // Elsevier Ltd, – 2010. – P. 709.
2. NASA Ames Research Center Trajectory Browser [Электронный ресурс] / NASA – URL: <https://trajbrowser.arc.nasa.gov/index.php> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Сухова С. В., Анализ ошибок наведения межпланетного космического аппарата [Текст] / С. В. Сухова // Наука и образование – 2016. – С. 19.

**МАРС ТОПЫРАҒЫНЫҢ ҮЛГІЛЕРІН ЖЕТКІЗУ МИССИЯСЫНЫҢ БАЛЛИСТИКАЛЫҚ
ДИЗАЙНЫ:
ОРБИТАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕР МЕН МАНЕВРЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ
С. А. Омельчук**

Түйіндеме. Бұл жұмыста Марс топырағының үлгілерін Жерге жеткізуге арналған автоматты планетааралық станцияның (AIS) ұшуының баллистикалық схемасы қарастырылады. Орбиталық және қону модульдерін қоса алғанда, БАЖ құрылымы ұсынылған. Модульдердің функционалдық мақсаты көрсетілген. Миссия кезеңдері сипатталған, оның ішінде планетааралық траекторияны таңдау, сипаттамалық жылдамдық пен отын массасының қадамдарын есептеу, ұшу кезінде жылдамдықты түзету мәндері көрсетілген. Жерге жақын орбитадан ұшыру, терең кеңістіктегі маневрлер, Марс айналасындағы орбитаға шығу, Марс бетінен зымыран тасығышты ұшыру, Марс топырағының үлгілерін Жерге қайтару сияқты әртүрлі кезеңдерге арналған есептеулердің нәтижелері ұсынылған. Алынған мәліметтерді Марс пен басқа планеталарды зерттеуге арналған нақты миссияларды жобалауда пайдалануға болады.

Түйінді сөздер: Автоматты планетааралық станция, баллистика, Гоман траекториясы, топырақ үлгісін жеткізу, Марс, сипаттамалық жылдамдық.

**BALLISTIC DESIGN OF THE MARTIAN SOIL SAMPLE RETURN MISSION: ORBITAL
PARAMETER AND MANEUVER CALCULATIONS
S.A. Omelchuk**

Abstract. This paper examines the ballistic flight scheme of an automatic interplanetary station (AIS) designed to deliver Martian soil samples to Earth. The structure of the AIS including orbital and landing modules is presented. The functional purpose of the modules is presented. The stages of the mission are described, including the selection of the interplanetary trajectory, calculation of the increments of the characteristic velocity and propellant mass, as well as the values of velocity correction during the flight. The results of calculations for various stages are presented, such as launch from low Earth orbit, deep-space maneuvers, Mars orbit insertion, launch of the return rocket from the surface of Mars, and return of Martian soil samples to Earth. The data obtained can be used to design real missions to explore Mars and other planets.

Keywords: Automatic interplanetary station, ballistics, Hohmann transfer, soil sample delivery, Mars, characteristic velocity.

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПУТНИКОВ

Е.Д. Килевая, Жумахан Ж. М.

КГУ «Общеобразовательная школа № 57»,
050050, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ботаническая, 2
E-mail: kilevaya528@gmail.com

Аннотация: Солнечные панели являются основным источником питания для современных спутников. Анализируя нынешние технологии солнечных панелей и проблемы при их использовании в космосе, исследуя возможности использования новых материалов, такие как перовскиты, графеновые покрытия, для увеличения КПД панелей, а также нанотехнологий для самовосстановления поврежденных поверхностей панелей, станет возможной разработка концепции спутниковой энергосистемы с повышенным КПД, устойчивостью к внешним факторам, также с гибридной энергосистемой, сочетающей солнечную генерацию и энергонакопители, и адаптивной системой разворачивания и ориентации солнечных батарей для максимального поглощения солнечного излучения. Также рассматриваются вопросы оптимизации конструкций солнечных панелей для снижения их массы и повышения надежности, а также разработки методов защиты от деградации под воздействием радиации и микрометеоритов. Полученные результаты могут быть использованы в проектировании новых поколений спутников с более эффективной и долговечной энергетической системой.

Ключевые слова: солнечные панели, спутник, энергоснабжение, космические технологии, фотовольтаика, эффективность, мобильные панели

Введение

Солнечные панели работают благодаря фотоэффекту: фотоны передают энергию электронам в полупроводнике, освобождая их. Разность потенциалов создаётся в р-п-переходе, что приводит к направленному движению электронов и возникновению электрического тока. Данной электроэнергией обеспечивается различная техника, в том числе на космических аппаратах (КА). Солнечная энергия приоритетна в космосе, поскольку запасы химического топлива ограничены и быстро расходуются, а ядерные источники сложны, дороги и используются только в специальных миссиях. Но несмотря на очевидные преимущества, солнечные панели в космосе сталкиваются с рядом серьёзных технических и эксплуатационных проблем в виде необходимости постоянной ориентации на Солнце, периодического затенения и необходимости накопления энергии, воздействия космической радиации и механических повреждений. В связи с этим данное исследование направлено на анализ современных технологий солнечных панелей для спутников различного назначения, оценку их преимуществ и недостатков, а

также поиск инновационных решений для повышения их эффективности и долговечности. Особое внимание уделяется новым материалам (перовскиты, графеновые покрытия), адаптивным системам ориентации, самовосстанавливающимся покрытиям и гибридным энергосистемам. Полученные результаты помогут создать концепцию усовершенствованных солнечных панелей, повышающих автономность и надежность спутников. Это, в свою очередь, откроет новые перспективы для научных, коммерческих и исследовательских космических миссий.

1. Анализ современных технологий солнечных панелей для спутников различного назначения.

1.1. Монокристаллические кремниевые панели.

Для их производства используется наиболее чистый кремний. Монокристаллические фотоэлементы среди всех кремниевых пластин имеют самую высокую цену, но обеспечивают и наилучший КПД. Высокая стоимость производства обусловлена сложностью ориентации всех кристаллов кремния в одном направлении. Из-за таких физических свойств рабочего слоя максимальный КПД обеспечивается только лишь при перпендикулярном падении солнечных лучей на поверхность пластины.

К преимуществам монокристаллических СЭ относятся: высокий КПД (17-25%), компактность (меньшая площадь размещения оборудования из расчета на единицу мощности, в сравнении с другими панелями) и долговечность.

Недостатков всего два – высокая стоимость и чувствительность к загрязнению, поскольку монокристаллические СЭ хуже себя демонстрируют при рассеянном свете. [1]

1.2. Многослойные тонкоплёночные солнечные панели на основе арсенида галлия (GaAs)

Многослойные тонкоплёночные солнечные панели на основе арсенида галлия (GaAs) – это передовая технология солнечных элементов, использующая несколько полупроводниковых слоев для максимального поглощения солнечного излучения.

Арсенид галлия – один из наиболее перспективных материалов для создания высокоэффективных солнечных элементов (СЭ).

Это объясняется следующими его особенностями:

- почти идеальная для однопереходных СЭ ширина запрещенной зоны 1,43 эВ;
- высокая эффективность поглощения солнечного излучения – требуется слой толщиной всего несколько микрон;
- высокая радиационная стойкость, что, совместно с высокой эффективностью, делает этот материал чрезвычайно привлекательным для использования в космических аппаратах;
- относительная нечувствительность СЭ на основе GaAs к нагреву;
- характеристики сплавов GaAs с алюминием, мышьяком, фосфором или индием дополняют характеристики GaAs, что расширяет возможности при проектировании СЭ.

Главное достоинство GaAs и сплавов на его основе – широкий диапазон возможностей для дизайна СЭ. СЭ на основе GaAs может состоять из нескольких слоев различного состава. Это позволяет управлять генерацией и сбором носителей заряда. Типичный СЭ на основе GaAs включает очень тонкий слой AlGaAs в качестве окна. Основной недостаток GaAs – высокая стоимость. Для удешевления производства можно формировать СЭ на более дешевых подложках, выращивать слои GaAs на удаляемых подложках или подложках многократного использования. [2]

1.3. Гибкие солнечные панели.

Гибкие конструкции солнечных батарей имеют подложку с нулевой изгибной жесткостью. Подложка разворачивается и удерживается в рабочем положении с помощью раскладных мачт. По способу укладки в транспортируемое положение можно выделить следующие типы конструкций гибких солнечных батарей: свертываемые (рулонные), складные (пакетные), надувные (пневматические), пассивно разворачиваемые.

Гибкие рулонные панели солнечных батарей в транспортном положении накручиваются на барабан, диаметр которого должен быть в десять раз больше продольного размера фотопреобразователей во избежание излома последних в процессе свертывания. После развертывания гибкая поверхность рулонных солнечных батарей поддерживается в напряженном состоянии при помощи механизма натяжения. Разработка Air Force Research Laboratory (AFRL) ROSA представляет собой развертываемую гибкую солнечную батарею, которая в сложенном положении намотана на цилиндрический ролик и приводится в рабочее положение путем раскручивания за счет выдвижения подвижной силовой рамы, которая использует накопленную энергию деформации в композитных штангах. (Рис.1)

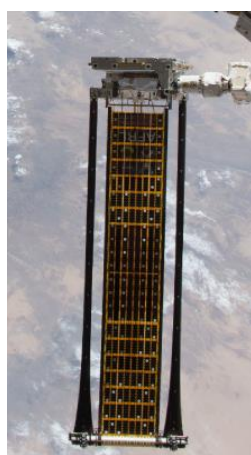


Рис.1. Солнечная батарея AFRL ROSA[3]

Пакетные солнечные батареи с гибкой несущей подложкой разделены на отдельные сравнительно небольшие плоские участки. В процессе транспортировки и выведения на орбиту такие солнечные батареи плотно складываются «гармошкой» и развертываются в рабочее положение при помощи раскладных балок или выдвижных мачт. Для обеспечения требуемой жесткости полотна солнечной батареи имеется устройство натяжения, которое прикладывает к растягивающим тросам необходимую нагрузку. Преимущество пакетных солнечных батарей перед рулонными состоит в меньшем объеме конструкции из-за отсутствия барабанного устройства. Первая складная гибкая панель солнечной батареи была установлена на спутнике Communications Technology Satellite (CTS) (рис. 2)

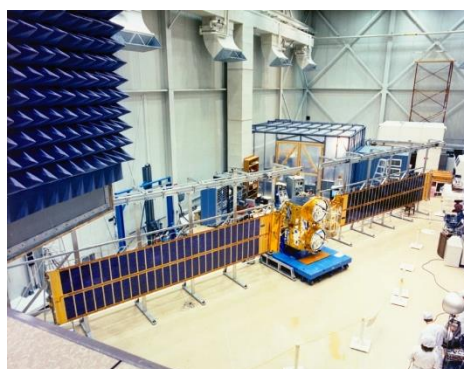


Рис.2 Спутник CTS со складной гибкой солнечной батареей[4]

В надувных гибких солнечных батареях раскрытие происходит за счет создания избыточного давления во внутренних полостях конструкций. Развертывающее устройство представляет собой надувную конструкцию с центральной опорой. (рис. 3). Известно, что в результате выполнения контракта США с фирмой L'Garde Inc на разработку солнечной батареи с предельно малой массой и системой быстрого развертывания для микроспутников была разработана технология ITSAT (the Inflatable Torus Solar Array Technology) (рис. 4), которая обеспечивала минимальную массу и объем в сложенном состоянии и надежность надувной системы при развертывании. Система развертывания солнечной батареи ITSAT состоит из надуваемой конической штанги, которая расположена между двумя панелями фотоэлементов (рис. 5).

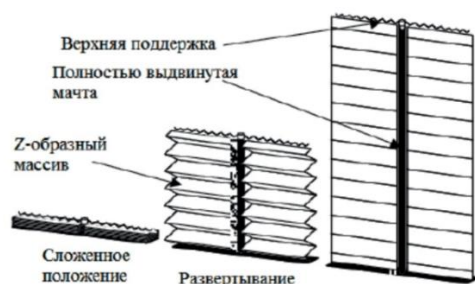


Рис. 3. Процесс развертывания надувной

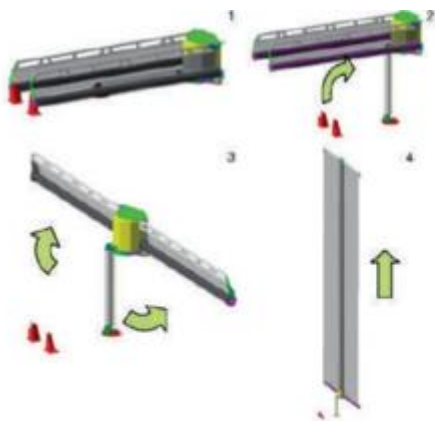


Рис. 4. Солнечная батарея ITSAT жесткой конструкции антенной решетки с боковым развертыванием

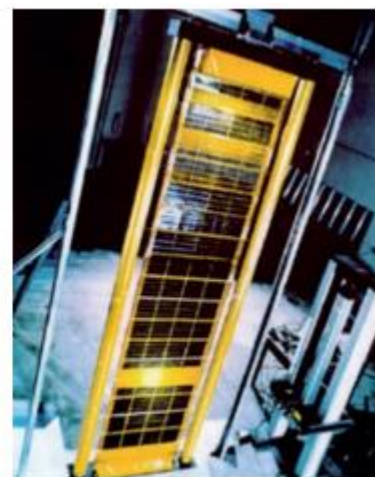


Рис.5. Этапы развертывания солнечной батареи ITSAT

К пассивно развертываемым конструкциям относится Солнечная батарея UltraFlex. Солнечная батарея UltraFlex представляет собой складывающуюся веерообразную конструкцию, которая состоит из десяти связанных равнобедренных треугольных клиньев. Солнечная батарея UltraFlex обладает необходимой энергией развертывания. Жесткость конструкции обеспечивается с помощью легких радиальных балок, которые натягивают гибкое покрытие с фотоэлементами. Эта конструкция не нуждается в массивной структуре для натяжения. Веерообразная геометрия позволяет развернуть UltraFlex в многоугольник с 10-ю сторонами. (рис.6)



Рис.6. Схема развертывания UltraFlex. [5]

2. Проблемы и инновационные решения при использовании солнечных панелей в космосе

2.1. Ограниченная эффективность и КПД

Эффективность промышленных фотоэлектрических модулей и элементов неуклонно растёт в течение последних нескольких лет и приближается к эффективности лучших лабораторных образцов. Но есть

фундаментальные термодинамические ограничения, за которые эти устройства невозможно протолкнуть обычными методами. Одним из важнейших таких ограничений является так называемый предел Шокли-Квайссера. Согласно этому пределу в полупроводниках с одним p-n-переходом эффективность преобразования солнечного излучения никогда не может превышать 34%. Полупроводники имеют фиксированную ширину запрещённой зоны, которая определяет, какие фотоны солнечного света могут быть поглощены и преобразованы в электричество. Фотоны с энергией ниже этого порога просто не поглощаются, а энергия фотонов, превышающая ширину запрещённой зоны, теряется в виде тепла. Это создаёт компромисс: широкая запрещённая зона позволяет получать электроны с высоким потенциалом, но при этом поглощается меньше света. Узкая запрещённая зона, наоборот, позволяет поглощать больше света, но генерируемые электроны имеют меньшую энергию. Когда фотон с энергией выше запрещённой зоны поглощается, он создаёт пару электрон-дырка, но вся избыточная энергия теряется через процесс термализации. «Горячие» электроны, обладая избыточной энергией, быстро передают её кристаллической решётке полупроводника в виде тепла, после чего могут рекомбинировать, не успев принести пользу.

2.2. Способы по увеличению КПД солнечных панелей с помощью современных методов

Весомым преимуществом галлий-арсенидных элементов является возможность добавления примесей для улучшения характеристик панелей. Одна из самых эффективных комбинаций – трехслойная структура из германия, арсенида галлия и фосфида индия-галлия. Такие панели обладают почти вдвое большим теоретическим КПД, чем кристаллический кремний, меньшей толщиной фотоэлектрических преобразователей, высокой термостойкостью (до +150 °C) и чувствительностью при низком освещении. Недостатком остается высокая стоимость из-за дорогих материалов и сложного производства. Российские ученые нашли способ снизить затраты, подобрав оптимальный состав панели: галлий – фосфор – нитрид – мышьяк, с расчетным КПД около 40 %. Ученые из университета Райса разработали нанотрубочную пленку, способную поглощать тепло и превращать его в свет, который затем преобразуется в электричество. Этот дополнительный этап позволяет использовать инфракрасное излучение, увеличивая КПД до 80 %.

Более 44 % солнечной энергии приходится на инфракрасный спектр (0,75–3 мкм), что снижает эффективность кремниевых элементов. Для увеличения КПД применяют легирование, создавая наноразмерные кластеры марганца в решетке кремния. Метод диффузии предотвращает эрозию кристалла, обеспечивая равномерное распределение атомов. В результате КПД солнечных элементов на основе легированного кремния может превышать 40 %. [6]. Одним из материалов, упрощающих процесс изготовления ФЭ является перовскит, обладающий свойствами преобразования энергии солнечного света в постоянный электрический ток. При сравнительном анализе перовскита и кремния в солнечных батареях были получены следующие результаты: устройства на основе перовскита имеют высокую эффективность превращения света в электричество – 20,2%, и эта величина постоянно растёт, при том, что у кремниевых аналогов – 25%, большее напряжение – 1,07 В, с использованием кремния – 0,7, толщина слоя светопоглощающего перовскита в солнечной панели равна 330 нм, у кремниевого аналога – 0,15 мм, значительно большая, чем у кремния, гибкость, у солнечного элемента с применением перовскита более простой метод изготовления, экономичность перовскита, в сравнении с кремнием, перовскит менее вреден для окружающей среды. [7]

2.3. Влияние угла падения солнечного излучения

С уменьшением угла падения солнечного света относительно нормали к поверхности панели, эффективная площадь сбора солнечной энергии уменьшается пропорционально косинусу угла отклонения. Например, при угле падения в 45° выходная мощность панели снижается примерно на 30% по сравнению с перпендикулярным облучением. [8] Также, при увеличении угла падения возрастает доля отраженного света, что дополнительно снижает количество энергии, поглощаемой панелью.

2.4. Автоматические системы слежения за Солнцем для оптимальной ориентации панелей

На основе проведенного анализа датчиков для систем слежения разработан фотоэлектрический датчик (ФЭД), позволяющий исключить влияние фонового излучения, решить проблему запуска системы утром, отличающийся низкой ценой и простотой конструкции. В качестве фоточувствительных элементов выбран кремниевый фотоэлектрический преобразователь (ФЭП). Датчик состоит из трех чувствительных элементов

(рис. 7). Два лицевых элемента А и В для определения положения Солнца, третий тыловой элемент (С) – для исключения влияния рассеянного излучения и для запуска системы. Элементы А и В установлены на разные стороны перегородки, что позволяет скомпенсировать влияние разности температур. Также перегородка служит токопроводящим элементом. Элемент С необходим для измерения рассеянного излучения, исключения его влияния на два других датчика и запуска системы в утренние часы. Он расположен так, чтобы его плоскость была повернута от Солнца, таким образом, он измеряет только фоновое излучение. Данная конструкция обеспечивает единую температуру элементов датчика и электрические соединения тыловых контактов элементов датчика. В качестве регулирующего сигнала используется ток короткого замыкания $I_{кз}$ ФЭП, т. к. зависит от интенсивности солнечного излучения и не зависит от температуры. Главными преимуществами данного метода являются точность наведения, необходимая для ФМ и простота использования. [9]



Рис. 7. Фотоэлектрический датчик

3. Деградация СП в космосе

3.1. Воздействие радиации и космической пыли

При длительной работе солнечных батарей (СБ) в космосе их параметры постепенно ухудшаются под воздействием различных факторов. На геостационарных орбитах (800–7000 км) основную опасность представляют ионизирующие излучения — электроны и протоны радиационных поясов Земли, протоны солнечных вспышек, а также электромагнитное излучение Солнца (особенно УФ и мягкий рентген). На низких околоземных орбитах (600–800 км) главные агрессивные факторы — атомарный кислород и УФ-излучение. Исследования показали, что скорость деградации СБ зависит от параметров орбиты. Для низкоорбитальных аппаратов снижение

эффективности кремниевых панелей составляет около 25%, а гетероструктур GaAs-GaAlAs — 5% за 5 лет. На геостационарных орбитах эти показатели выше — 35% (Si) и 15% (GaAs) за 15 лет. На радиационно-опасных орбитах (7500 км, угол наклона $\sim 50^\circ$) деградация достигает 50% (Si) и 20% (GaAs) всего за 5 лет. Наибольший ущерб ФЭП наносят протоны радиационных поясов Земли (РПЗ) и солнечной космической лучистости (СКЛ), что приводит к снижению напряжения холостого хода (U_{xx}), тока короткого замыкания ($I_{кз}$) и вырабатываемой мощности. [10]

3.2. Графеновые покрытия и наноматериалы для защиты от радиации и загрязнения

Графеновые покрытия представляют собой перспективное направление в защите солнечных панелей (СП) от радиационного воздействия и загрязнений. Графен, будучи одноатомным слоем углерода с уникальной гексагональной структурой, обладает рядом свойств, которые делают его особенно подходящим для таких применений. Космическое пространство характеризуется интенсивным радиационным фоном, который может снижать эффективность и срок службы солнечных панелей. Графеновые покрытия способны обеспечивать эффективную защиту от электромагнитного излучения (ЭМИ). Например, тонкие графеновые пленки толщиной около 385 нм могут снижать интенсивность ЭМИ в диапазоне 8,2–12,4 ГГц на 28 дБ, что эквивалентно блокировке 99,8% падающего излучения. Такие свойства делают графеновые покрытия перспективными для защиты солнечных панелей от вредного воздействия космической радиации. [11] Помимо защитных свойств, графеновые покрытия могут повышать общую эффективность солнечных панелей. Исследования показывают, что переход от использования кремния к графену может увеличить эффективность солнечной панели минимум на 15%, одновременно снижая себестоимость производства. Кроме того, графеновые покрытия обладают высокой теплопроводностью, что способствует эффективному отводу тепла и предотвращает перегрев панелей. [12]

Ультрафиолет и пыль снижают рабочие характеристики кремниевых солнечных батарей. Для защиты от этих негативных факторов используют стеклянные экраны. Но, если батарею накрывать не обычным стеклом, а люминесцентным (светящимся в результате поглощения УФ излучения), можно не только защитить её от механических загрязнений, но и заметно выиграть в количестве света, попадающем в конечном итоге на поверхность

батареи. Оптический материал, созданный в Международной лаборатории «Современные фотонные материалы и технологии» Университета ИТМО, поглощает ультрафиолетовое излучение и преобразует его в свет видимого диапазона. Поэтому вместо того, чтобы разрушать солнечную батарею, энергия ультрафиолета может использоваться для преобразования в электрическую. [13]. Специальные нанопокрывтия на основе диоксида титана (TiO_2) способны создавать самоочищающиеся поверхности. Под воздействием ультрафиолетового излучения такие покрытия разлагают органические загрязнители, предотвращая их накопление на поверхности солнечных панелей. Примером является продукт SurfaShield G, который, помимо самоочищающего эффекта, повышает прозрачность стекла и предотвращает запотевание, что в совокупности может увеличить эффективность солнечных панелей на 3–7%. [14].

3.3. Повышение емкости с помощью литий-ионных аккумуляторов

Замена никель-металлогидридного аккумулятора на литий-ионный позволяет снизить массу энергоустановки на 35—40 %, сократить мощность зарядных устройств благодаря более высокой отдаче по энергии и уменьшить площадь радиатора для отвода теплоты. Объем использованных в космосе в 2000 г. литий-ионных аккумуляторов составил 12 млн шт. [15]. Li-ion батареи демонстрируют высокую работоспособность в условиях длительных космических миссий, выдерживая более 50 000 циклов заряда/разряда на низкоорбитальных спутниках и обеспечивая срок службы свыше 15 лет на геостационарных орбитах. [16]

Заключение

В статье представлен анализ современных технологий солнечных панелей для спутников различного назначения, выявлены проблемы и инновационные решения при использовании солнечных панелей в космосе, а также представлена информация о деградации СП. Изучение этих аспектов способствует развитию инновационных идей и созданию более надежных систем для будущих спутниковых миссий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурский С. В. Сравнительный анализ разновидностей солнечных элементов // Сборник материалов 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – 2019. – С. 101–104.
2. Гременок В. Ф., Тиванов М. С., Залесский В. Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов // Альтернативная энергетика и экология. – 2009. – № 1 (69). – С. 59–123
3. M. K. Chamberlain, S. H. Kiefer, Matt LaPointe, Pete LaCorte. “On-orbit flight testing of the Roll-Out Solar Array Author links open overlay panel”. – 2021.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576520306196> (17.03.2025).
4. <https://itoldya420.getarchive.net/amp/media/communication-technology-satellite-cts-spacecraft-from-nasa-goddard-spaceflight-ad03df>
5. Казанцев З. А., Ерошенко А. М., Бабкина Л. А., Лопатин А. В. Анализ конструкций солнечных батарей космических аппаратов // Космические аппараты и технологии. – 2021. – Том 5, № 3 (37). – С. 126–129.
6. Ридель Д. В., Чернушевич А. В. Увеличение КПД солнечных панелей // Актуальные проблемы энергетики – 2024. – С. 157–158.
7. Карабанов А. Д. Исследование перовскита для практического применения в солнечных батареях // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: Материалы Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 23–28 ноября 2015 г.), 2015. – Ч. 3. – С. 62.
8. Технические аспекты угла наклона солнечных панелей // SolarHome. – URL: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techtilt.htm> (17.03.2025).
9. Китаева М. В., Юрченко А. В., Скороходов А. В., Охорзина А. В. Системы слежения за Солнцем // Вестник науки Сибири. Серия: Инженерные науки. – 2012. – № 3 (4). – С. 64
10. Озметін Б. Просвітлюючі оптичні покриття для сонячних елементів космічного призначення: дипломна робота [Текст] / Б. Озметін; наук. кер. А. В. Іващук. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – С. 8, 25.
11. Графен: реальность и прогнозы. Свойства и способы производства (Часть 1) // Ритм Машиностроения. – URL: <https://share.kz/gcvx> (17.03.2025).
12. Перерва В. Применение графена в солнечных панелях [Электронный ресурс] // ResearchGate. – Апр. 2016. – URL: <https://share.kz/g9x8> (17.03.2025).

13. Люминесцентные стёкла повысят эффективность солнечных батарей [Электронный ресурс] // XXII век. – 18 авг. 2016. – URL: <https://22century.ru/energetics/31567> (17.03.2025).

14. Нанопокрытия для солнечных панелей и высокопрозрачных стеклянных поверхностей NanoPhos SurfaShield G [Электронный ресурс] // NanoMarket. – URL: <https://share.kz/gftX> (17.03.2025).

15. Использование ХИТ в космической технике [Электронный ресурс]// ССК Групп. – URL: <https://www.sskgroup.ru/tree/?id=216&lang=rus> (17.03.2025)

16. Груздев А. И. Опыт эксплуатации и перспективы использования литий-ионных аккумуляторных батарей в ракетно-космической технике // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2019. – Т. 171, № 4. – С. 14

APPLICATION OF SOLAR PANELS FOR SATELLITE DEVELOPMENT

E.D.Kilevaya, Zhumahan Zh. M.

Abstract: Solar panels are the main power source for modern satellites. By analyzing current solar panel technologies and problems associated with their use in space, exploring the possibilities of using new materials such as perovskites, graphene coatings to increase the efficiency of panels, as well as nanotechnology for self-healing of damaged panel surfaces, it will be possible to develop a concept for a satellite power system with increased efficiency, resistance to external factors, as well as a hybrid power system combining solar generation and energy storage, and an adaptive system for deploying and orienting solar batteries to maximize absorption of solar radiation. The issues of optimizing solar panel designs to reduce their weight and increase reliability, as well as developing methods for protecting against degradation under the influence of radiation and micrometeorites are also considered. The results obtained can be used in the design of new generations of satellites with a more efficient and durable power system.

Keywords: solar panels, satellite, energy supply, space technology, photovoltaics, efficiency, mobile panels

СПУТНИКТИ ӨЗІРЛЕУ ҮШІН КҮН БАТАРЕЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ

Е.Д.Килевая, Жумахан Ж. М.

Аннотация: Күн батареялары қазіргі спутниктердің негізгі қуат көзі болып табылады. Ағымдағы күн панельдері технологияларын және оларды ғарышта пайдаланумен байланысты мәселелерді талдау, панельдердің тиімділігін арттыру үшін перовскит, графен жабындары сияқты жаңа материалдарды, сондай-ақ зақымдалған панельдердің өзін-өзі қалпына келтіруге арналған нанотехнологияларды пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу арқылы тиімділік, энергияны жинақтау және сыртқы факторларға төзімділік, сондай-ақ энергияны сақтау жүйесі сияқты спутниктік энергетикалық жүйенің тұжырымдамасын жасауға болады күн радиациясын барынша сіңіру үшін күн панельдерін орналастыру және бағдарлау. Сондай-ақ олардың салмағын азайту және сенімділігін арттыру үшін күн батареяларының конструкцияларын оңтайландыру, сондай-ақ радиация мен микрометеориттер 187187187әсерінен деградациядан қорғау әдістерін әзірлеу мәселелері қарастырылуда. Алынған нәтижелерді тиімдірек және берік энергия жүйесі бар жаңа буын спутниктерін жобалауда пайдалануға болады.

Түйін сөздер: күн батареялары, спутник, энергиямен қамтамасыз ету, ғарыштық технология, фотоэлектр, тиімділік, жылжымалы панельдер

УДК

КОНЦЕПЦИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И МОНИТОРИНГА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Бекембаев А.

ТОО «SpaceLab»,
010017, Республика Казахстан, г. Астана, просп. Туран, 89
E-mail: kense@spacelab.kz

Internet-Of-Very-Important-Things (IoVIT)

1. Цель проекта

Проект **IoVIT** (Internet-Of-Very-Important-Things) направлен на создание комплексной космической экосистемы, которая будет предупреждать и мониторить природные и вызванные человеком катастрофы, поддерживать связь и навигацию в удаленных регионах и обеспечивать глобальную экологическую безопасность. Мы стремимся использовать передовые космические технологии, предиктивную аналитику и блокчейн для создания единой платформы обмена данными, поддерживающей защиту людей и всего живого на Земле.

Основные задачи IoVIT:

- **Обеспечение безопасности людей и экосистем:** Своевременное предупреждение о стихийных бедствиях и их последствиях для предотвращения человеческих потерь и сохранения биологического разнообразия.
- **Глобальная защита окружающей среды:** Мониторинг состояния экосистем для выявления изменений, которые могут привести к экологическим катастрофам, и помощь в координации усилий по восстановлению и защите природы.
- **Создание глобальной сети обмена данными:** Разработка универсального модема для объединения всех существующих спутниковых сетей в космическую ExtraNet для бесперебойной передачи критически важных данных.

2. Ключевые компоненты экосистемы IoVIT

Мобильное приложение

- **Описание:** Приложение будет оповещать пользователей о приближающихся и происходящих природных катастрофах в режиме реального времени (землетрясения, наводнения, ураганы, пожары и другие).
- **Функции:** Отслеживание катастроф, предиктивная аналитика, предоставление инструкций и рекомендаций по безопасности.
- **Дополнительные возможности:** Приложение будет подключено к сети IoVIT через спутниковые терминалы, что позволяет получать данные и в зонах с недоступной сотовой сетью

Система передачи данных

- **Описание:** IoVIT использует спутниковые терминалы, которые могут подключаться к мобильным устройствам через Wi-Fi, Bluetooth или LoRa, обеспечивая доступ к сети для передачи данных и получения обновлений.
- **Функции:** Передача данных с IoT-сенсоров для мониторинга состояния природных ресурсов, инфраструктуры и критических объектов.
- **Актуальность:** Эти терминалы позволяют организациям и людям оставаться на связи и получать важные данные даже в зонах бедствия, где традиционные коммуникации могут быть недоступны.

Спутниковая группировка

- **Описание:** Группировка IoVIT будет представлять собой сеть спутников, которая сможет выполнять дистанционное зондирование Земли, поддерживать IoT-связь и предоставлять навигационные услуги.
- **Функции:**
 - **Дистанционное зондирование:** Сбор данных для мониторинга поверхности Земли, отслеживания изменений климата и состояния экосистем.
 - **Интернет-Вещей (IoT):** Связь с IoT-устройствами и сенсорами для передачи данных о состоянии природных и стратегических объектов.
 - **Навигация:** Поддержка точного позиционирования и мониторинга объектов в реальном времени.

AI и предиктивная аналитика

- **Описание:** Использование серверной системы на основе AI и облачной инфраструктуры для обработки и анализа данных с целью предсказания катастроф и предотвращения экологических кризисов.

- **Функции:** Обработка данных для выявления паттернов, предиктивный анализ природных катастроф (например, землетрясений, наводнений, ураганов), мониторинг изменений климата и состояния окружающей среды

3. Blockchain DePIN для защиты данных

Децентрализованная защита сети

- **Описание:** В IoVIT используется **Blockchain DePIN** (Decentralized Physical Infrastructure Network), который обеспечивает безопасность данных и устойчивость к взломам.

- **Функции:**

- **Ledger для данных и транзакций:** Каждый обмен данными и каждое сообщение записываются в блокчейне, гарантируя неизменяемость и доступ к историческим данным.

- **Trusted Servers на спутниках:** Часть спутниковой группировки выполняет функцию доверенных серверов для хранения данных, что добавляет дополнительный уровень безопасности и снижает зависимость от наземной инфраструктуры.

- **Важность:** Blockchain DePIN обеспечивает защиту данных от фальсификации и атак, гарантируя, что все данные, передаваемые через IoVIT, остаются подлинными и защищенными.

4. Дополнительные функции связи

Экстренная передача текстовых и аудиосообщений

- **Описание:** IoVIT поддерживает связь с мобильными устройствами, позволяя отправлять текстовые и аудиосообщения в случае недоступности сотовой сети.

- **Функции:** Быстрая передача сообщений для оперативного реагирования и поддержки спасательных служб.

- **Преимущества:** Доступность связи в критических ситуациях, что делает IoVIT незаменимым инструментом для служб ЧС.

Радиостанции для голосовой связи

- **Описание:** Подключение радиостанций для обеспечения голосовой связи в реальном времени между службами и пользователями в удаленных регионах или зонах бедствий.

- **Функции:** Голосовая связь для оперативной координации спасательных операций и других экстренных задач.

5. Разработка спутникового конвейера с 3D печатью

- **Описание:** Мы разрабатываем спутниковый конвейер на основе промышленного высокотемпературного 3D принтера собственной разработки. Этот принтер способен интегрировать токопроводящие и теплопроводящие пути, а также магнитные и вращающиеся компоненты прямо в корпус спутника.

- **Функции:** Ускорение производства спутников, снижение себестоимости и повышения производительности, за счет 3D-печати компонентов в едином цикле.

- **Экономическое преимущество:** Этот конвейер поможет значительно снизить затраты на запуск и разработку спутниковой группировки, позволяя IoVIT быстрее и экономичнее развертывать свои услуги.

- **Вдохновляющий пример:** Вдохновляясь подходом компаний Rocket Lab и Relativity Space, IoVIT применяет 3D-печать для повышения рентабельности производства и ускоренного запуска новых спутников.

6. Цель: создание глобальной спутниковой ExtraNet-сети

- **Конечная цель проекта:** Мы стремимся создать глобальную спутниковую блокчейн-сеть для обмена данными об экстренных

событиях и анализа состояния окружающей среды, способную предсказать и помочь предотвратить экологические и социальные кризисы.

- **Разработка универсального модема:** IoVIT разрабатывает универсальный модем, который может подключаться ко всем основным спутниковым сетям, включая StarLink, OneWeb, Eutelsat, Iridium, Lacuna и Spire, Planet и SWARM, создавая полноценный космический ExtraNet.

- **Важность ExtraNet:** ExtraNet IoVIT предоставит единую платформу для связи и передачи данных, обеспечивающую глобальную защиту окружающей среды и поддержку экстренных служб.

7. Социальная значимость и вклад в национальную и глобальную безопасность

- **Пример Disaster Monitoring Constellation (DMC):** Группировка DMC от SSTL позволила странам-членам обмениваться данными и зарабатывать на продаже снимков, став эталоном успешной глобальной инициативы. IoVIT стремится повторить успех DMC, создавая устойчивую и доходную инфраструктуру для безопасности.

- **Суверенитет и защита данных:** Blockchain DePIN обеспечивает управление данными в национальной юрисдикции Казахстана и других стран-участников, исключая внешние угрозы и сохраняя независимость сети.

Пример: Disaster Monitoring Constellation (DMC)

- **DMC**, созданная британской Surrey Satellite Technologies Limited, была первой коммерческой группировкой для мониторинга катастроф. К участию в ней присоединились несколько стран, и каждый спутник зарабатывал до 1 млн долларов ежегодно. Эта концепция подтвердила ценность объединенной инфраструктуры для национальной безопасности, экономической устойчивости и минимизации потерь.

- **Применение в Казахстане:** IoVIT может повторить успех DMC, ориентируясь на нужды Республики Казахстан и других дружественных стран. Группировка станет основой для предупреждения катастроф и поддержки национальной безопасности, особенно для удаленных регионов.

Суверенное управление данными

- **Описание:** Blockchain DePIN гарантирует, что все данные, собираемые IoVIT, хранятся и обрабатываются в национальной юрисдикции, исключая зависимость от иностранных серверов.

- **Децентрализация:** Децентрализованная архитектура и независимые узлы снижают риски внешних вмешательств и обеспечивают безопасное хранение данных.

8. Экологическая устойчивость и мониторинг ресурсов

- **Мониторинг изменений в окружающей среде:** IoVIT будет следить за изменениями в экосистемах, водой, климатом и лесами, что особенно важно для регионов, подверженных изменениям климата.

- **Сохранение биоразнообразия:** IoVIT ориентирован не только на защиту людей, но и на сохранение всего живого, включая флору и фауну. Система предоставляет данные для координации усилий по восстановлению и защите природы.

9. Этапы реализации и планирование

1. Этап 1: Земля (Текущие работы):

- Завершение разработки и тестирования сейсмологического компонента системы IoVIT и мобильного приложения для уведомлений.
- Интеграция с Национальным научным центром сейсмологии Казахстана для получения данных о сейсмической активности, а также установка антенн и других элементов инфраструктуры.

2. Этап 2: Воздух, Огонь, Вода:

- Расширение функционала IoVIT для мониторинга природных явлений, таких как ураганы, пожары и наводнения.
- Разработка и запуск пилотных проектов в регионах с высокой вероятностью катастроф, чтобы протестировать системы в реальных условиях и оценить их эффективность.
- Партнёрства с метеорологическими агентствами и

экологическими организациями для получения и интеграции дополнительных данных о погодных и климатических условиях.

3. Этап 3: Предиктивная аналитика и AI:

- Развертывание серверной системы аналитики с использованием AI для обработки данных с сенсоров и спутников и предсказания природных катастроф.

- Разработка инструментов предиктивной аналитики для прогнозирования сейсмических событий, погодных аномалий, угроз для биоразнообразия и других факторов, влияющих на устойчивость экосистем.

- Интеграция облачной инфраструктуры для масштабируемой обработки данных, с возможностью адаптации под будущие потребности клиентов.

4. Этап 4: Создание глобальной сети ExtraNet:

- Завершение разработки универсального модема для подключения к множеству спутниковых сетей, включая StarLink, OneWeb, Eutelsat, Iridium, Lacuna и SWARM.

- Тестирование совместимости модема с разными спутниковыми системами для обеспечения стабильной связи и безопасной передачи данных.

- Развертывание ExtraNet IoVIT — единой космической сети для обмена важными данными между спутниковыми сетями, государственными учреждениями и частными пользователями по всему миру.

5. Этап 5: Масштабирование и коммерциализация:

- Разработка моделей подписки и партнёрств для коммерциализации услуг IoVIT и привлечения новых клиентов и инвесторов.

- Продажа и лицензирование IoVIT-терминалов для различных рынков, включая государственные службы, промышленные компании, и службы экстренной помощи.

- Постоянное обновление и совершенствование платформы, добавление новых функций на основе обратной связи от пользователей и технических требований.

10. Каналы продвижения и бизнес-модель

- **Прямые продажи и подписка:** Продажа IoVIT-терминалов и подписки на услуги для государственных учреждений, промышленных клиентов, экологических организаций и служб экстренной помощи.

- **Лицензирование и локализация:** Возможность лицензирования и

локального производства для рынков с особыми требованиями, что позволит ускорить развертывание системы и снизить затраты.

- **Партнерства:** Сотрудничество с телекоммуникационными компаниями, метеорологическими и сейсмологическими агентствами для улучшения доступа к инфраструктуре, совместного использования данных и повышения доступности для конечных пользователей.

11. Конечная цель проекта IoVIT

Проект IoVIT стремится создать глобальную спутниковую блокчейн-сеть для обмена данными об экстренных событиях и мониторинга состояния окружающей среды,

предоставляя инструменты для защиты людей, экосистем и биоразнообразия на Земле. Универсальный модем для интеграции с существующими спутниковыми сетями позволяет создать полноценный **ExtraNet**, который будет охватывать всю планету и обеспечивать стабильную связь и передачу данных в любых условиях.

Эта инициатива делает IoVIT важной частью усилий по созданию устойчивого и безопасного мира, позволяя предсказывать и предотвращать природные катастрофы и координировать глобальные усилия по защите окружающей среды и всего живого на планете.

Этапы реализации экосистемы IoVIT

1. Запуск и масштабирование наземного сервиса передачи информации через геостационарные аппараты

- **Описание:** Создание базы для наземной передачи данных через геостационарные спутники, предоставляющей начальные услуги IoVIT с высоким качеством связи.

- **Задачи:** Подключение наземных станций и терминалов IoVIT, масштабирование наземного сервиса.

- **Ожидаемые результаты:** Создание устойчивой инфраструктуры

для дальнейшего развертывания спутниковой группировки.

2. Запуск и масштабирование группировки спутников для глобального охвата

- **Описание:** Построение собственной спутниковой группировки, начиная с первого спутника 12U NanoSat, запуск которого запланирован на 2025 год.

- Подэтапы:

- **Запуск первого спутника:** Развертывание первой спутниковой единицы для тестирования связи.

- **Масштабирование группировки:** Расширение охвата, создание надежного покрытия и оптимизация обмена данными.

- **Партнерства:** Переговоры с **КазКосмос** об установке модема ЮVIT на 4 спутниках ДЗЗ, разрабатываемых **JV Ghalam** для международной группировки Казахстан-Монголия.

- **Ожидаемые результаты:** Глобальный охват, поддержка ExtraNet и мониторинг в удаленных регионах.

3. Разработка мобильного приложения для предотвращения и мониторинга стихийных бедствий

- **Описание:** Создание приложения, которое предоставляет пользователям предупреждения и информацию о катастрофах в реальном времени.

- Функции приложения:

- Отслеживание природных катастроф и изменений климата.

- Предиктивная аналитика для прогноза катастроф, основанная на данных, собранных со спутников и наземных сенсоров.

- **Ожидаемые результаты:** Повышение осведомленности и безопасности пользователей, особенно в зонах риска.

4. Использование инфраструктуры космодрома Байконур для строительства коммерческой международной пусковой площадки

- **Описание:** Развитие инфраструктуры Байконура для создания коммерческой площадки запуска, что позволит быстро выводить спутники и поддерживать международные партнерства.

- Подэтапы:

- **Сотрудничество с Байтерек:** Подписан меморандум для использования правого фланга космодрома Байконур.

- **Разработка двигателей и партнёрство с УзбекКосмос:** Переговоры по созданию ракетного двигателя и возможному приземлению

второй ступени на территории Республики Узбекистан.

- **Сотрудничество с InnoSpace (Корея):** Обсуждение использования площадки для запуска спутников IoVIT.

- **Ожидаемые результаты:** Коммерческая площадка для запуска спутников IoVIT, обеспечивающая независимость и международное взаимодействие.

При этом активное масштабирование и глобальный сервис происходят параллельно всем предыдущим:

- **Описание:** Разработка модели активного масштабирования IoVIT для поддержки глобального спроса на услугу мониторинга и предотвращения катастроф.

- **Ожидаемые результаты:** Глобальное присутствие IoVIT, устойчивое развитие и поддержка пользователей по всему миру.

Appendix 1. Technical details of the Universal IoVIT Modem

The universal modem for **IoVIT's ExtraNet** is designed to bridge multiple satellite networks, providing secure, reliable connectivity for critical data exchange across various satellite constellations. Here's an in-depth look at the technical details and functionalities of this modem:

1. Multi-band and Multi-protocol Support

- **Frequency Bands:** The modem supports a wide range of frequency bands, including L, S, C, X, Ku, and Ka bands to ensure compatibility across networks like StarLink, OneWeb, Eutelsat, Iridium, Lacuna, and SWARM.

- **Adaptive Modulation and Coding (AMC):** It automatically adjusts modulation (QPSK, 8PSK, 16APSK, etc.) and coding rates depending on network and signal quality, optimizing data rates and robustness.

- **Multi-standard Protocols:** Supports multiple protocols, such as DVB-S2X (Digital Video Broadcasting), CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) protocols, and other standardized satellite communication protocols, allowing seamless integration with diverse satellite networks.

2. **Dynamic Network Switching**

- **Automatic Beam Handoff:** The modem is equipped with an intelligent beam-handoff system that dynamically switches between satellite beams to maintain a continuous connection, especially useful when users are in mobile or remote locations.

- **Multi-path Connectivity:** Supports simultaneous connections to multiple satellites for enhanced reliability and redundancy, ensuring continuous data transmission even if one satellite connection is lost.

- **Interoperability Across Networks:** Integrated with APIs for each satellite network to manage handovers and prioritize specific networks based on latency, bandwidth, and geographic coverage.

3. **High-security Blockchain and Encryption Integration**

- **Blockchain Compatibility:** The modem includes a built-in mechanism for Blockchain DePIN integration, allowing secure, decentralized data handling and validation with other nodes in the IoVIT network.

- **End-to-End Encryption:** Uses AES-256 and RSA encryption for data transmission, ensuring that all data exchanged through the modem remains secure and protected from unauthorized access.

- **Tamper-Resistant Design:** Incorporates a tamper-evident design with secure boot and firmware verification to prevent unauthorized hardware modifications.

4. **Edge Processing and Data Compression**

- **Edge Computing Capabilities:** Equipped with an onboard processor that performs real-time data pre-processing and compression, which reduces the volume of data sent over satellite links, optimizing bandwidth usage.

- **Predictive Data Filtering:** Filters and prioritizes data for critical transmission (e.g., environmental sensor alerts) to ensure important information reaches ground stations without delay.

- **Data Compression:** Utilizes advanced compression algorithms to enhance transmission efficiency, reducing latency and cost associated with high-bandwidth satellite networks.

5. Built-in Machine Learning for Adaptive Operations

- **Signal Quality Prediction:** Embedded ML algorithms analyze signal patterns, weather, and positioning data to predict optimal connectivity times and locations.

- **Network Health Monitoring:** Monitors performance metrics across multiple satellite networks and learns patterns to optimize bandwidth allocation and reduce potential downtimes.

- **Self-Optimizing Algorithms:** The modem uses self-optimizing ML algorithms to balance loads across satellite links and maintain optimal throughput based on the needs of each application.

6. Power and Environmental Specifications

- **Low Power Consumption:** Designed for efficient power usage, allowing the modem to operate in power-sensitive environments, such as battery-powered field terminals and IoT devices.

- **Ruggedized and Weatherproof:** Encased in a rugged, IP68-rated housing, making it suitable for extreme environmental conditions, including high altitudes, humidity, and dust-prone areas.

- **Temperature Regulation:** Built-in thermal management system to handle temperature fluctuations, with operating ranges suitable for both terrestrial and space conditions.

7. Compatibility with Ground, Aerial, and Space Terminals

- **Cross-Platform Integration:** The modem can be used on a variety of terminals, from ground-based installations to drone and airborne platforms, extending IoVIT's connectivity capabilities.

- **Upgradeable Architecture:** The modem features a modular, upgradeable design that can support firmware and software updates remotely, allowing future compatibility with emerging satellite networks and technologies.

8. Real-time API for Data Management and Analytics

- **API Integration:** Provides APIs for data management and access, enabling organizations to directly integrate real-time data flows into their platforms for analytics and monitoring.

- **Data Prioritization and Throttling:** Allows setting data prioritization

levels to ensure that high-importance transmissions (such as disaster alerts) receive priority over less critical data streams.

- **Real-Time Data Visualization:** API-compatible visualization tools enable real-time monitoring of network health, throughput, and environmental data.

The universal modem for IoVIT's ExtraNet is designed as a future-proofed, flexible, and secure solution, capable of connecting diverse satellite constellations to provide global, reliable communication for emergency services, environmental monitoring, and IoT connectivity, supporting IoVIT's mission to safeguard both human life and the environment.

Appendix 2. Practical applications of the modem

The universal modem in the IoVIT ecosystem unlocks a broad range of practical applications across various sectors. Here's a breakdown of its uses, highlighting its impact on emergency response, environmental monitoring, remote communications, and infrastructure resilience.

1. Disaster Response and Emergency Communications

- **Emergency Alerts:** The modem allows real-time transmission of emergency alerts and disaster warnings to communities and first responders, even in areas where terrestrial networks have been compromised.

- **Rescue Operations:** For search and rescue teams operating in remote areas, the modem provides essential communication links through satellite networks, facilitating coordination and reducing response times.

- **Public Safety:** During hurricanes, earthquakes, floods, and other natural disasters, the modem can maintain vital links for emergency services to distribute critical information and updates, even if cellular networks are unavailable.

2. Environmental Monitoring and Conservation

- **Climate Change and Biodiversity:** The modem collects and transmits data from remote environmental sensors in protected areas, enabling scientists to monitor species, deforestation, and other indicators in real time, supporting conservation efforts.

- **Pollution Tracking:** By linking to environmental sensors monitoring air,

water, and soil quality, the modem helps government agencies track pollution levels and detect hazardous events, such as chemical spills, and respond swiftly to mitigate environmental damage.

- **Wildlife Protection:** The modem can be used to gather data from sensors placed on wildlife in tracking programs, especially for endangered species, allowing conservationists to monitor movement patterns and ensure habitat protection.

3. Remote Area Connectivity

- **Rural and Isolated Communities:** In rural areas without traditional communication infrastructure, the modem can provide essential connectivity, supporting everything from telemedicine to educational resources.

- **Agricultural Monitoring:** Farmers in remote locations can leverage the modem to access satellite-based IoT data on crop conditions, weather forecasts, and soil health, enabling more efficient and sustainable farming practices.

- **Indigenous and Nomadic Communities:** The modem offers indigenous and nomadic communities access to health, education, and economic resources without compromising their remote way of life, preserving cultural integrity while ensuring connectivity.

4. Internet of Things (IoT) for Critical Infrastructure

- **Utility Monitoring:** The modem allows continuous monitoring of critical infrastructure, such as pipelines, power lines, and water supply systems, in remote or environmentally challenging areas. Alerts can be sent immediately if irregularities are detected, preventing potential disruptions.

- **Smart Cities and Infrastructure:** In urban and semi-urban areas, the modem can support data flow from smart sensors monitoring traffic, energy usage, and other vital metrics, enabling cities to optimize resource allocation and improve services.

- **Mining and Energy Sector:** Companies in the mining, oil, and gas sectors can use the modem to monitor equipment health, environmental conditions, and worker safety in harsh environments, enhancing both operational efficiency and safety compliance.

5. Global ExtraNet for Secure Data Exchange

- **Cross-border Data Sharing:** The modem's connectivity to various

satellite constellations creates a secure, decentralized ExtraNet that can be used by multiple nations and organizations to share data about global environmental and security threats, ensuring a timely and coordinated response.

- **Blockchain-enabled Transactions:** With built-in Blockchain DePIN support, the modem allows authenticated data transactions for critical applications where data integrity and security are paramount, such as in government and financial sectors.

- **Real-time Situational Awareness:** The ExtraNet can provide global situational awareness for military, intelligence, and humanitarian organizations, delivering encrypted data from satellite constellations in real time for strategic planning and coordinated global actions.

6. Humanitarian Aid and Crisis Management

- **Refugee Support and Camps:** The modem can establish emergency communication hubs in refugee camps, allowing displaced people access to critical information, healthcare services, and contact with family members.

- **Supply Chain Management:** During humanitarian crises, the modem can track aid shipments and verify safe deliveries, providing data to manage resources effectively in complex and remote locations.

- **Medical Teleconsultations:** In the case of infectious disease outbreaks or in underserved areas, the modem enables healthcare providers to offer telemedicine services, ensuring that isolated populations have access to medical consultations and emergency treatment.

7. Research and Scientific Exploration

- **Oceanographic and Atmospheric Research:** Deployed on oceanographic buoys or atmospheric research balloons, the modem can transmit climate data, pollution measurements, and marine health indicators from anywhere on the planet, supporting ongoing research into environmental changes.

- **Space Science and Exploration:** For scientific missions in extreme environments, such as polar regions or high-altitude observatories, the modem provides a resilient link to transmit experimental data back to researchers, supporting advancements in fields like astronomy and Earth sciences.

- **Global Seismic and Volcanic Monitoring:** By relaying data from seismic stations, the modem aids in real-time monitoring of tectonic and volcanic activity, helping scientists predict earthquakes and eruptions and informing nearby

communities.

The IoVIT universal modem is engineered for adaptability and resilience, designed to connect diverse satellite networks into a single cohesive system. This enables governments, organizations, and communities to access critical information and maintain secure communication channels, even under challenging circumstances, creating a robust framework for a safer and more connected world.

Appendix 4. Open Membership.

Open Membership for the IoVIT ecosystem is a collaborative model that invites countries, organizations, and industry players to contribute and participate actively in building and operating the IoVIT satellite constellation and infrastructure. The aim is to foster a truly international and inclusive platform that leverages the collective resources, technologies, and expertise of diverse participants. Here's how it works:

1. Financial and Strategic Contributions

- **Funding and Investment:** Member countries and organizations can invest financially in the IoVIT ecosystem, supporting the construction, launch, and maintenance of the satellite constellation and related infrastructure.
- **Strategic Resources:** Participants may also contribute through strategic assets, such as access to launch sites, ground stations, or technical expertise, further strengthening the ecosystem.

2. Technology Sharing in Satellite and Rocket Engineering

- **Collaborative Development:** Open membership encourages collaboration in the development of satellite and rocket technologies. Member countries can contribute to the design, engineering, and manufacturing of satellite components and launch systems.
- **Joint Innovation:** By combining resources and technical expertise, the ecosystem fosters the development of advanced, cost-effective, and scalable satellite

and rocket systems, pushing the boundaries of space technology.

3. **Development of New Environmental Monitoring Sensors**

- **Sensor Innovation:** Member countries can contribute by developing and sharing new types of environmental monitoring sensors that enhance IoVIT's capability to track and analyze natural disasters and environmental changes.

- **Customization for Regional Needs:** Through open membership, countries can propose and contribute specific sensor technology that addresses their unique environmental challenges, such as seismic sensors for earthquake-prone regions or pollution sensors for monitoring air quality.

4. **Free Information Exchange and Data Sharing**

- **Shared Data Access:** All participants in the IoVIT ecosystem have access to data gathered by the satellite constellation, supporting shared goals such as disaster prevention, environmental protection, and climate monitoring.

- **Transparent Data Policy:** Open membership emphasizes transparency and accessibility, where data is shared freely and equitably among members, fostering an open exchange of information that benefits all parties.

5. **Collaborative Research and Capacity Building**

- **Joint Research Initiatives:** The IoVIT ecosystem encourages collaborative research efforts among its members, leveraging pooled resources and expertise to advance scientific understanding of global environmental challenges.

- **Training and Capacity Building:** Open membership also includes programs to help member countries build their capacity in space technology, satellite engineering, and data analytics, fostering the growth of a skilled workforce and supporting long-term sustainability.

Advantages of Open Membership in IoVIT

- **Global Inclusivity:** Open membership makes it possible for a diverse range of countries to participate, regardless of their current space capabilities, fostering international unity.

- **Shared Responsibility and Benefit:** By pooling resources, members share both the responsibilities and benefits of the ecosystem, promoting equity and collaborative success.

- **Enhanced Technological Advancements:** By encouraging contributions in technology and knowledge, IoVIT benefits from rapid innovation, positioning the ecosystem as a leader in environmental monitoring and disaster prevention.

Through **Open Membership**, IoVIT is not only a space technology initiative but also a cooperative model that brings together nations to address global challenges in a unified and impactful way.