

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Коротеева Анастасия Анатольевна

**ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ СТРАХОВАНИИ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ**

08.00.10 - Финансы, денежное обращение и кредит

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2021

Работа выполнена на кафедре «Управление рисками и страхование»
Экономического факультета ФГБОУ ВО МГУ имени М.В.Ломоносова

Научный руководитель:

Эченикэ Владимир Хосе

кандидат экономических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Ахвледиани Юлия Тамбиевна

доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г.В.Плеханова»,
кафедра финансовые рынки, профессор
Миллерман Александр Самуилович
доктор экономических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Российская академия народного
хозяйства и государственной службы при
президенте РФ», институт управления и
регионального развития, кафедра финансы и
страхование, заведующий кафедрой

Цыганов Александр Андреевич

доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при
Правительстве РФ», финансовый факультет,
департамент страхования и экономики
социальной сферы, руководитель департамента

Защита диссертации состоится «15» июня 2021 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета МГУ.08.07 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, экономический факультет, 3-й гуманитарный корпус, ауд.

E-mail: minfinmgy@inbox.ru

Диссертация находится на хранении в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27). С информацией о регистрации участия в защите и с диссертацией в электронном виде можно ознакомиться на сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/355557972/>.

Автореферат разослан «___» апреля 2021г

Ученый секретарь

диссертационного совета МГУ.08.07

к.э.н., доцент

И.В. Никитушкина

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Состоявшиеся в 50-х- 60-х годах XX века запуски первых космических аппаратов, а также полет человека в космос явились событиями, ознаменовавшими начало новой эры не только в развитии науки, техники, экономики, но и межгосударственных отношений. Уровень совершенства ракетно-космической отрасли является одним из важнейших показателей развития и стратегического потенциала страны. Особая роль отводилась ракетной технике в период гонки вооружений и создания ядерного щита высокоразвитых государств. В настоящее время значительная часть продукции отрасли имеет двойное назначение. Космические аппараты (КА) и системные модули могут применяться для решения задач исключительно широкого диапазона от обеспечения разнообразных потребностей рынка гражданской продукции до создания самых современных и эффективных видов оружия.

Российская модель развития ракетно-космической отрасли во многом основана на государственном финансировании программ космических исследований и на государственном оборонном заказе. Большинство структурообразующих объектов отрасли остаются государственными и финансируются за счет бюджетных средств. Наряду с этим в последнее время обращает на себя внимание рост интереса частных инвесторов к развитию космических технологий. Несмотря на это, в большинстве случаев финансовая нагрузка, связанная с компенсацией убытков от неудачной реализации того или иного космического проекта, приходится на федеральный бюджет, обуславливая весомые финансовые риски. В этой связи особая роль в современной ракетно-космической деятельности отводится процессам риск-менеджмента, направленным на минимизацию финансовых потерь исполнителя и заказчика работ от нештатных ситуаций на любом из этапов жизненного цикла космического аппарата. Применяемые при создании КА технические, технологические и иные решения, как правило, определяют высокую стоимость космических запусков, поэтому одним из наиболее эффективных методов управления рисками является страхование.

На сегодняшний день перед российским сегментом рынка страхования рисков космической деятельности стоят две непростые задачи. Одна из них непосредственно связана с развитием космической техники и технологий.

Существующие в настоящее время условия и перспективы развития космоса открывают перед мировым сообществом принципиально новые возможности. Углубленное освоение космического пространства, включающее выполнение стратегических оборонных задач, осуществление сверхдальних полетов с целью исследования Солнца, планет и астероидов определяют необходимость использования принципиально новых подходов к энергетическому и ресурсному обеспечению аппаратов. Необходимость использования ядерной энергии в космосе определяется необходимостью решения принципиально новых задач, значительным (до 20 лет) повышением длительности функционирования и мощности космических энергетических установок (КЭУ), которая должна превысить значение в 1 МВт. С этой целью в Российской Федерации создается не имеющий мировых аналогов космический энергетический модуль (ЭМ) с ядерной энергодвигательной установкой (ЯЭДУ). Его ввод в эксплуатацию позволит добиться значительного увеличения массы выводимой на целевую орбиту полезной нагрузки, обеспечив значительный экономический эффект.¹

Таким образом, создание мощных ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) обусловит начало новой эпохи освоения космического пространства, развития российской науки в целом, наукоемких отраслей промышленности и становление принципиально новой технологической базы страны. Ввод в эксплуатацию КА с ядерными энергодвигательными установками приведет к необходимости решения комплексных взаимообусловленных оптимизационных задач, связанных с объединением двух наиболее сложных в управлении и высокочрезвычайных в случае компенсации групп космических и ядерных рисков. Перед страховыми компаниями будет стоять задача по разработке, апробации и согласованию новых подходов к оценке риска и возможного ущерба, причиненного в случае потери или частичной гибели принципиально новых космических аппаратов и необходимых для их выведения ракет-носителей.

Вторая задача заключается в пересмотре действующих принципов оценки риска при расчетах страхового тарифа. Авария пилотируемого КА «Союз МС-10» в октябре 2018 года стала неожиданным событием для страхового рынка. Аварийный запуск одного из самых надежных аппаратов привел к заметным репутационным потерям как российской программы пилотируемых запусков, так

¹ Коротеева А.А. Основы тарификации при страховании при страховании запусков космических аппаратов с ядерной энергодвигательной установкой // Страховое дело. 2018. №4 С. 30-35

и отечественной космонавтики в целом. Одновременно проявились недостатки действующей системы оценки космических рисков, влияющие на финансовую устойчивость страхового сегмента.

С учетом изложенного, тема диссертационной работы, направленной на совершенствование системы оценки рисков запусков космических летательных аппаратов, в том числе снабженных ядерными энергодвигательными установками, представляется **особенно актуальной**.

Степень разработанности проблемы

Вопросам развития системы риск-менеджмента и страхования рисков космической деятельности уделяется значительное внимание с первых шагов развития космических технологий. Динамичное совершенствование технических решений, разработка инновационных моделей КА обуславливают необходимость постоянного развития страхового рынка и коррекции методов и подходов к оценкам соответствующих рисков.

Вопросы, связанные с исследованием специфики процесса управления космическими рисками, особенностями этапов жизненного цикла космических проектов и сопутствующих им рисков, необходимости развития исследуемого страхового сегмента, стали актуальными под влиянием научных работ Р. Арчибальда, Г.П. Белякова, В.А. Волкова Ю.А., Володина С.В., Анищенко, М.В. Сафронова, Д.А.Медведчикова, Е.Н.Сериковой, В.А., Ястебовой В.И.

Результаты изучения основных особенностей рисков космической деятельности и их классификации описаны в работах следующих зарубежных и российских авторов: Daniel M. Gerstein, James G. Kallimani, Lauren A. Mayer, Leila Meshkat, Jan Osburg, Ю.А. Анищенко, Е.С. Башуровой, Г.П. Белякова, В.В. Копытова, Д.А. Медведчикова, М.В. Сафронова, А.С. Славянова, А. Соболев, В.Н. Товстонощенко, О. Фадеева, Е.Ю. Хрусталева.

Исследованиям факторов наступления экологического риска при осуществлении ракетно-космической деятельности, оценкам последствий, разработками комплексов превентивных мероприятий и нормированию экологического воздействия посвящены работы А.Д. Кондратьева, Н.С. Касимова, П.П. Кречетова, Т.В. Королевой, О.В. Черницовой, А.С. Фадеева, А.В. Шараповой.

Подходы к оценке рисков космических проектов рассматриваются в работах R.P. Ocampo, D.M. Klaus, Robert B. Cross, William E. Vesely, Armen Der Kiureghian, А.И. Орлова и А.Д. Цисарского.

В.И. Куренковым, В.А. Капитоновым, А.И. Клеминым рассмотрены особенности подходов к расчету и обеспечению надежности ракетно-космических комплексов, методы расчета показателей надежности отдельных элементов и узлов, сложных технических систем с сетевой структурой. Дополнительно авторами обоснованы методы обеспечения надежности функционирования ракетно-космической техники на всех этапах ее жизненного цикла; принципы нормирования надежности и др.

Вопросы развития и обеспечения безопасности при эксплуатации космических аппаратов с ядерными энергодвигательными установками рассмотрены в работах А.А. Гафарова, К.Д. Долгуничева, П.А.Карасева, А.И. Клемина, А.В. Семенкина, А.Е. Солодухина, О.В. Яковлева.

Результаты проведенного анализа литературных и патентных источников свидетельствуют о наличии значительного количества научных работ, направленных на развитие системы страхования космических рисков. Вместе с тем, аспекты совершенствования подходов и методов оценки рисков запусков принципиально новых космических аппаратов, в том числе с ядерными энергодвигательными установками, до настоящего времени остаются практически не изученными.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка модели оценки принимаемых на страхование рисков запуска космических аппаратов, в том числе разработанных с использованием инновационных технологий.

Для достижения указанной цели исследования должны быть решены следующие **основные задачи**:

1. Выявить закономерности развития ракетно-космической отрасли в СССР и РФ.
2. Определить основные направления совершенствования рынка страхования космических рисков на основе результатов анализа его ключевых показателей.
3. Усовершенствовать классификации основных причин аварий отечественных КА и рисков космических проектов.
4. Актуализировать и разработать модели оценки рисков, обусловленных запусками КА нового поколения, в том числе снабженных ядерными энергодвигательными установками (ЯЭДУ).
5. Разработать рекомендации по оптимальной длительности первого полета КА с ЯЭДУ с точки зрения обеспечения взаимоприемлемых условий для

страховщика и страхователя на основе выявленной закономерности, характеризующей надежность космического модуля с ЯЭДУ.

Предмет и объект исследования

Объект исследования – риски реализации космических проектов

Предмет исследования – оценка рисков при страховании запусков космических аппаратов нового поколения.

Научная новизна результатов исследования

Научная новизна исследования заключается в разработке концептуальных основ оценки рисков запуска космических летательных аппаратов, включая не имеющие мировых аналогов транспортные и энергетические модули нового поколения с целью развития системы страхования рисков ракетно-космической отрасли.

Элементы научной новизны заключаются в следующем:

1. На основе анализа ключевых показателей деятельности российского сегмента страхования космических рисков обоснована необходимость совершенствования системы оценки рисков космических проектов с учетом ввода в эксплуатацию КА с ЯЭДУ. Негативная реакция рынка на высокую убыточность из-за аварий 2017-2018 годов и изменения в соответствующем сегменте страхования в последующие годы свидетельствуют о целесообразности пересмотра используемых подходов.
2. Разработаны и усовершенствованы классификации основных причин аварий отечественных КА и рисков космических проектов с учетом перспективного направления развития отрасли. Введены в рассмотрение новые укрупненные категории: дефицит кадрового резерва и проблемы организации производства. Ввод в эксплуатацию космического аппарата с ЯЭДУ обуславливает необходимость управления новым для ракетно-космической отрасли ядерным риском.
3. Разработаны модели оценки риска ответственности за ущерб, причиненный жизни, здоровью и имуществу третьих лиц, а также риска причинения ущерба имуществу при авариях новых ракет-носителей с КА. Обоснованы геометрические размеры зоны возможного поражения объектов инфраструктуры фрагментами аварийного космического аппарата. На основе анализа показателей результативности первых трех запусков вводимых в эксплуатацию в разное время отечественных КА, установленных причин и количества отказов их элементов, а также надежности узлов носителей

предложен подход для оценки вероятности наступления риска потери имущества в результате аварии на этапе запуска.

4. На основе разработанных методики оценки надежности ключевых элементов и модели оценки риска ответственности перед третьими лицами обоснована целесообразность запуска КА с ЯЭДУ с космодрома Восточный и рекомендация ограничения продолжительности первого полета.

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в расширении диапазона научных взглядов, методов и подходов, направленных на дальнейшее развитие системы страхования рисков космической деятельности за счет совершенствования методов оценки принимаемых на страхование рисков запуска новых космических аппаратов.

Практическая значимость работы

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования, могут использоваться в практической деятельности следующих организаций и коллективов ученых:

1. Центрального Банка РФ в части рекомендаций по развитию подходов к оценке рисков эксплуатации принципиально новых космических аппаратов.
2. Российской национальной перестраховочной компании и иных участников рынка страхования рисков космической деятельности в части совершенствования теоретической базы и методов, применяемых при количественной оценке и прогнозировании рисков космической деятельности, в том числе эксплуатации космических аппаратов и систем нового поколения.
3. Российской Ассоциации авиационных и космических страховщиков в части совершенствования методик оценки принимаемых на страхование космических рисков.
4. Госкорпорации «Роскосмос», предприятий ракетно-космической отрасли в части возможности их использования для совершенствования теоретических основ и количественных оценок рисков космической деятельности в современных условиях.
5. Специалистов в области страхования и управления рисками в части возможности их использования при проведении научных исследований в соответствующей области.

6. Профессорско-преподавательского состава университетов и ВУЗов соответствующей специализации при подготовке курсов лекций, практических занятий, курсовом и дипломном проектировании.

Методологическая база исследования

При выполнении научного исследования использованы методы познания эмпирического и теоретического уровней. Эмпирическая часть исследования проведена с использованием собранных, обработанных и систематизированных статистических данных, характеризующих:

- космические запуски (количество, результативность, выводимые космические аппараты, причины аварий);
- состояние мирового и российского рынков страхования космических рисков;
- результаты деятельности отдельных страховых компаний РФ, представленных в сегменте страхования рисков ракетно-космической отрасли;
- основные показатели полета ракеты-носителя «Протон-М»;
- основные технические и эксплуатационные показатели отечественных ракет-носителей и космических аппаратов, в том числе КА с ЯЭДУ.

Для анализа данных применены методы экономического анализа, включая прогнозирование, выявление тенденций и закономерностей, а также графическое моделирование с помощью программ Excel (MS Office) и R-Studio. Для оценки риска потери космического аппарата на стадии запуска и величины возможного убытка использован вероятностный подход. Основные факторы, влияющие на величину ущерба в случае аварии космического аппарата, выявлены с использованием метода научной абстракции.

На теоретическом уровне применены методы анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, а также метод исторических аналогий.

Теоретическая база исследования

В качестве теоретической базы диссертационного исследования использованы:

- научные труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные управлению и страхованию рисков реализации проектов ракетно-космической отрасли;
- материалы ведущих практиков страхового рынка, представленные на различных научных конференциях соответствующей тематической направленности;
- рекомендации российских и международных организаций по практике страхования рисков космической деятельности;

- международное законодательство и национальные нормативно- правовые акты, регулирующие отношения, возникающие при проведении космических исследований и реализации космических проектов.

Эмпирическая база исследования

В качестве источников эмпирических данных использованы обзоры космических запусков госкорпорации «Роскосмос», Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства NASA, Европейского космического агентства ESA. Для определения тенденций развития мировой космонавтики с 1957 г. по 1990 г. проанализированы материалы статей о новых технологических решениях и достижениях в области проведения космических исследований, опубликованные в серии книг «Ежегодник Большой Советской Энциклопедии». Дополнительно использованы данные страховых и перестраховочных компаний, работающих с рисками, характерными для космических проектов, а также статистические материалы программы R-Studio.

Положения, выносимые на защиту

1. Факторами, определяющими необходимость совершенствования системы оценки рисков космических проектов, являются планируемый ввод в эксплуатацию КА с ЯЭДУ, а также изменения на российском рынке страхования космических рисков, определяемые его высокой убыточностью в 2017- 2018 годах и пересмотром условий перестрахования зарубежными партнерами. Потребность в новых методах расчета вероятности наступления страховых случаев и связанного с ними ущерба становится актуальной в условиях небольшого количества стартов и создания инновационных КА и систем.
2. Создание укрупненной классификации основных причин нештатных ситуаций при эксплуатации отечественной космической техники направлено на совершенствование функционирования ракетно-космической отрасли. В результате систематизации данных об авариях российских КА с 2006 года охарактеризованы классификационные категории: воздействие непреодолимой силы; недостаточность кадрового резерва; системные сбои организации производства. Построение усовершенствованной классификации рисков космического проекта, включающей введение на каждом из его этапов дополнительной категории ядерного риска, обусловлено подготовкой к эксплуатации КА с ЯЭДУ.
3. Оценка риска ответственности за причинение вреда жизни, здоровью и имуществу третьих лиц в случае потери принципиально нового КА с ЯЭДУ на

этапе запуска основана на анализе максимальной вероятности возникновения такого события. Предложенная в работе модель оценки соответствующего риска характеризует зависимость численного значения этого показателя от размеров зоны возможного поражения объектов инфраструктуры фрагментами аварийного космического аппарата.

При оценке риска причинения ущерба имуществу в случае аварии ракеты-носителя нового поколения следует учитывать результативность первых трех запусков ранее вводимых в эксплуатацию носителей, количество произошедших отказов и их причины, а также надежность их элементов.

4. Минимизация уровня риска при осуществлении первого запуска КА с ЯЭДУ достигается при использовании стартового комплекса космодрома Восточный и оптимальной продолжительности полета равной одному году. Выбор космодрома обусловлен наименьшими значениями вероятности причинения вреда жизни, здоровью и имуществу третьих лиц, а его рекомендуемая длительность – обеспечением требуемых показателей надежности.

Степень достоверности

Достоверность полученных результатов диссертационного исследования определяется использованием:

- официальных статистических данных и информации о реализации космических проектов и развитии мировой космонавтики в целом;
- доказанных положений, сформулированных с использованием общепринятых основ фундаментальных и прикладных наук;
- современных теоретических и эмпирических методов познания позволяющих провести комплексное всеобъемлющее исследование, завершившееся получением обоснованных результатов, опубликованных в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях и подвергнутых всестороннему обсуждению на различных научных форумах.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационное исследование соответствует пункту 7.5 («Развитие страховых систем и страхового рынка в современных условиях») паспорта специальности 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит.

Апробация и реализация результатов диссертации.

Основные положения работы обсуждены на:

- конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», МГУ имени М. В. Ломоносова, 2017, 2018, 2019 г.г. (опубликованы тезисы доклада);

- VII Международной студенческой научно-практической конференции "Inclusive Growth: Essence and Implications", МГУ имени М. В. Ломоносова, 2018 г.;
- 24-й научно-практическая конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов (с международным участием), Государственный университет «Дубна», 2017 г. (опубликованы тезисы доклада);

Основные положения диссертации представлены в девяти публикациях автора общим объемом 2,67 печатного листа, в том числе в четырех статьях из перечня научных рецензируемых изданий, рекомендованных Ученым советом МГУ имени М.В.Ломоносова для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит, а также одной статье в издании, рекомендуемом ВАК Министерства науки и высшего образования РФ. Две публикации выполнены в соавторстве.²

Основные выводы диссертационного исследования использованы автором при подготовке и в процессе преподавания магистерского курса «Страхование фундаментальных рисков» на направлении подготовки «Государственное управление в космической отрасли» факультета космических исследований МГУ имени М.В. Ломоносова.

Структура научно- квалификационной работы (диссертации)

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографии и приложений. Общий объем работы составляет – 172 страницы. Работа содержит 36 рисунков, 17 таблиц, 27 формул, 122 литературных источников, 4 приложения.

² Акимов В.Н., Гафаров А.А., Долгуничев К.Д., Коротеева А.А. Вопросы страхования космических аппаратов с ядерными энергетическими установками // Страховое дело 2018. №12, С. 39-46
Семенкин А.В., Гафаров А.А., Солодухин А.Е., Коротеева А.А. Некоторые вопросы радиационной безопасности и страхования космических аппаратов с ЯЭУ // Атомная энергия 2020. Т. 128, № 1, С.11-17

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. На основе анализа ключевых показателей деятельности российского сегмента страхования космических рисков обоснована необходимость совершенствования системы оценки рисков космических проектов с учетом ввода в эксплуатацию КА с ЯЭДУ.

Одной из основных тенденций, характеризующей развитие мирового рынка страхования рисков космической деятельности за период с 2003 по 2018 годы, стало сокращение страховых тарифов. Причинами снижения стоимости страховых услуг стали избыточное предложение страховой и перестраховочных емкостей, а также стремление страховых компаний увеличить свое присутствие в данном страховом сегменте. Величина изменения среднего значения тарифных ставок по страхованию рисков запуска составила 16%. Среднее значение величины ставок по страхованию рисков орбитальной эксплуатации уменьшилось примерно на 2,25%³. Аналогичная тенденция наблюдалась на российском сегменте рынка страхования космических рисков.

Гибель одного из самых надежных отечественных КА «Союз МС-10» в 2018 году прервала многолетнюю серию успешных пилотируемых запусков и нанесла репутационный ущерб ракетно-космической отрасли. Запуск и стыковка КА были застрахованы на сумму 4,65 млрд руб. Полученное по данным портала государственных закупок значение страхового тарифа договора страхования КА «Союз МС-10» равно 3,08%⁴. Эта величина существенно меньше среднемировых значений тарифных ставок по страхованию рисков запуска, а также ниже уровня тарифов, ранее применяемых при страховании запусков носителей семейства «Союз».

Ситуация для страхового рынка дополнительно осложнилась тем, что в 2018 году происходило урегулирование убытка в связи с потерей спутника «Ангосат», оцениваемого в 7,5 млрд руб., а в начале года была осуществлена страховая выплата 2,5 млрд руб. в связи с гибелью гидрометеорологического КА «Метеор-М». Общая премия, полученная в результате заключения трех договоров страхования, составила 1 млрд рублей. Таким образом, значение средней

³ Фузик Т.В. Рынок космического страхования 2019 [Электронный ресурс] // www.raaks.ru: [сайт]. [2019]. URL: <http://raaks.ru/wp-content/uploads/2019/09/Рынок-космического-страхования-2019.pdf> (дата обращения 01.03.2020)

⁴ Коротеева А.А. Аварийный запуск космического корабля "Союз МС-10" как фактор влияния на пересмотр ценовой политики при страховании космических рисков// Страховое дело 2019. № 6, С.19-26

величины тарифной ставки по страхованию трех запусков составило 6,8%⁵. Сложившаяся ситуация продемонстрировала недостаточность применяемых страховых тарифов. Заключение договора страхования рисков запуска КА с использованием тарифной ставки в размере 3,5% допустимо при уровне аварийности около 0,033 (одна авария на тридцать стартов).⁶ В 2018 году статистика результативности космических запусков была хуже.

Высокий уровень убыточности, а также рост недоверия страховых компаний к надежности отечественной космической техники обусловили резкое увеличение тарифов при страховании двух последующих стартов в конце 2018 года. Тарифная ставка по договору страхования запуска «Союз- ФГ» с транспортным кораблем «Прогресс МС-10» составила более 8%; по страхованию запуска ракеты-носителя (РН) «Союз 2.1б» с КА «Глонасс-М – 9,5%

В результате ухудшения показателя аварийности космических запусков в 2019 году изменились условия перестрахования рисков космических проектов за рубежом. На российском рынке страхования космических рисков произошло снижение страховой емкости. Сокращение емкости по страхованию рисков гражданской ответственности при запуске КА составило 15 млн долл. США, по страхованию рисков запуска и орбитальной эксплуатации – 40 млн долл. США⁷.

Недостаточность тарифов для обеспечения экономически оправданной деятельности страховых компаний, а также перспектива ввода в эксплуатацию КА с ЯЭДУ свидетельствуют о необходимости пересмотра используемых подходов к оценке рисков.

2. Разработаны и усовершенствованы классификации основных причин аварий отечественных КА и рисков космических проектов с учетом перспективного направления развития отрасли.

С 2006 по 2019 годы произошло 27 аварий российских КА: 20 – из-за заводских дефектов; 6 – по причине человеческого фактора; 1 – вследствие воздействия непреодолимой силы. В диссертации предложена классификация основных причин возможной гибели КА на стадиях запуска и орбитальной эксплуатации (рисунок 1).

⁵ Коротеева А.А. Аварийный запуск космического корабля "Союз МС-10" как фактор влияния на пересмотр ценовой политики при страховании космических рисков// Страховое дело 2019. № 6, С.19-26

⁶ Рисковые поля: почему цена страховки для «Роскосмоса вырастет» [Электронный ресурс] // www.banki.ru [сайт]. [2018]. URL: <https://www.banki.ru/news/bankpress/?id=10727636> (дата обращения 24.03.2019)

⁷ Фузик Т.В. Рынок космического страхования 2019 URL: <http://raaks.ru/wp-content/uploads/2019/09/Рынок-космического-страхования-2019.pdf>

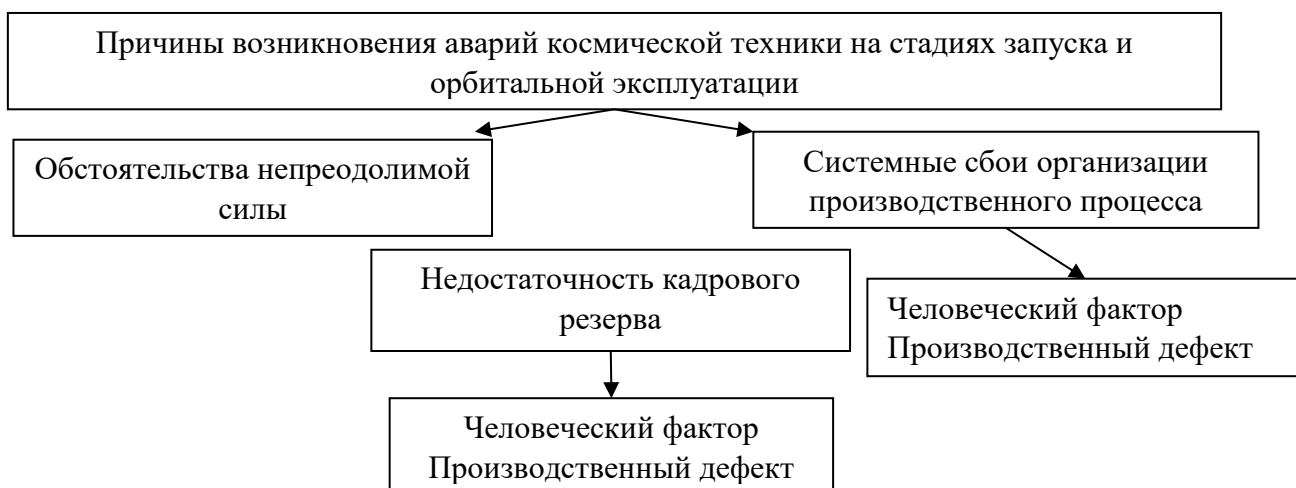


Рисунок 1 - Классификация причин возникновения аварий при эксплуатации космической техники

Источник: построен автором

Выделены три категории: воздействие непреодолимой силы, недостаточность кадрового резерва и системные сбои организации производственного процесса. Две последние включают в том числе ранее рассматриваемые причины аварий – человеческий фактор и производственный дефект.

Подготовка к вводу в эксплуатацию не имеющего мировых аналогов космического аппарата с ядерной энергодвигательной установкой определяет появление новой (для ракетно-космической отрасли) и сложной в управлении категории ядерных рисков. В таблице 1 предложена усовершенствованная классификация рисков космического проекта, учитывающая возможность появления на каждом из этапов ядерного риска.

Таблица 1 Классификация рисков космической деятельности

Тип риска	Этап жизненного цикла космического проекта					
	Разработка концепции проекта	Проведение предварительных исследований и проектирование	Производство	Проведение предстартовых мероприятий и запуск	Орбитальная эксплуатация	Завершение эксплуатации КА
Политический	Риск, связанный с изменением приоритетных направлений деятельности		Риск наложения санкций и разрыва контракта между партнерами/ поставщиками/ заказчиками			
Финансовый			Риск удорожания проекта ввиду изменения цен на ресурсы Риск невыполнения обязательств партнерами по проекту		Риск финансовых потерь вследствие невыполнения (неполного выполнения) запланированных работ в ходе эксплуатации КА	
Профессиональный		Риск причинения вреда здоровью специалистов, осуществляющих проектирование и наземное испытание и отработку опытных образцов ЯЭДУ		Риск причинения вреда здоровью специалистов, осуществляющих работу с радиоактивными элементами при проведении предстартовых работ		
Экологический риск				Риск загрязнения окружающей	Риск нештатной ситуации при	Риск загрязнения

	Этап жизненного цикла космического проекта					
Тип риска	Разработка концепции проекта	Проведение предварительных исследований и проектирование	Производство	Проведение предстартовых мероприятий и запуск	Орбитальная эксплуатация	Завершение эксплуатации КА
				среды в т.ч. радиоактивными элементами при ошибке в ходе пуско-наладочных работ Риск загрязнения окружающей среды в т.ч. радиоактивными элементами при аварии ракеты-носителя	эксплуатации ЯЭДУ	окружающей среды при несрабатывании системы увода КА с ЯЭДУ на радиационно безопасную орбиту (РБО) после окончания срока его эксплуатации
Технический риск		Риск ошибки проектирования КА (в т.ч. с ЯЭДУ)	Риск ошибки при производстве КА Риск ошибки при производстве ЯЭДУ Риск возникновения дефекта при производстве КА Риск возникновения ошибок на стадии производства элемента и узлов реактора ЯЭДУ.	Риск ошибки при осуществлении логистических и пуско-наладочных работ	Риск частичной или полной потери КА (в т.ч. с ЯЭДУ) на орбите	
Риск ответствен-			Риск	Риск причинения		

	Этап жизненного цикла космического проекта					
Тип риска	Разработка концепции проекта	Проведение предварительных исследований и проектирование	Производство	Проведение предстартовых мероприятий и запуск	Орбитальная эксплуатация	Завершение эксплуатации КА
ности перед третьими лицами			ответственности за ущерб жизни и здоровью сотрудников производящих предприятий	вреда жизни, здоровью, имуществу третьих лиц при осуществлении запуска космического аппарата (в т.ч. с ЯЭДУ)		

Источник: построено автором

3. Разработаны модели оценки риска ответственности за ущерб, причиненный жизни, здоровью и имуществу третьих лиц, а также риска причинения ущерба имуществу при авариях новых ракет-носителей с КА.

Одной из задач андеррайтинга является оценка вероятности реализации риска. При оценке риска ответственности за ущерб, причиненный жизни, здоровью и имуществу третьих лиц в случае потери КА осуществлено исследование районов возможного падения фрагментов средств выведения или космического аппарата с ядерной энергодвигательной установкой, запускаемого на геостационарную орбиту. Разработанная модель позволяет определить максимальные размеры и расположение территорий, которым может быть причинен ущерб.

Расчеты проведены с использованием программы RStudio в предположении приближительной однородности геометрии осколков, образующихся при взрыве ракеты-носителя и отсутствия сопротивления воздуха.

Таблица 2 Промежуточные данные полета РН «Протон-М»

Этап	Время (с)	Скорость (м/с)	Высота (м)
Старт	0	0	0
Момент работы двигателей первой ступени	65,5	465	11000
Отделение первой ступени	123,4	1724	42000
Отделение второй ступени	335,2	4453	120000
Отделение головного обтекателя	348,3	4497	123000
Отделение третьей ступени	588,4	7182	151000

В таблице 2 представлены характеристики промежуточных точек траектории РН «Протон-М», позволяющие определить зависимость между скоростью и высотой полета от времени. В результате реализации модели определена траектория полета фрагментов РН и КА в случае аварии при запуске. Движение таких фрагментов осуществляется по эллиптической орбите, а вычисление расстояния от места аварии до точки приземления осуществлено путем решения задачи Кеплера.

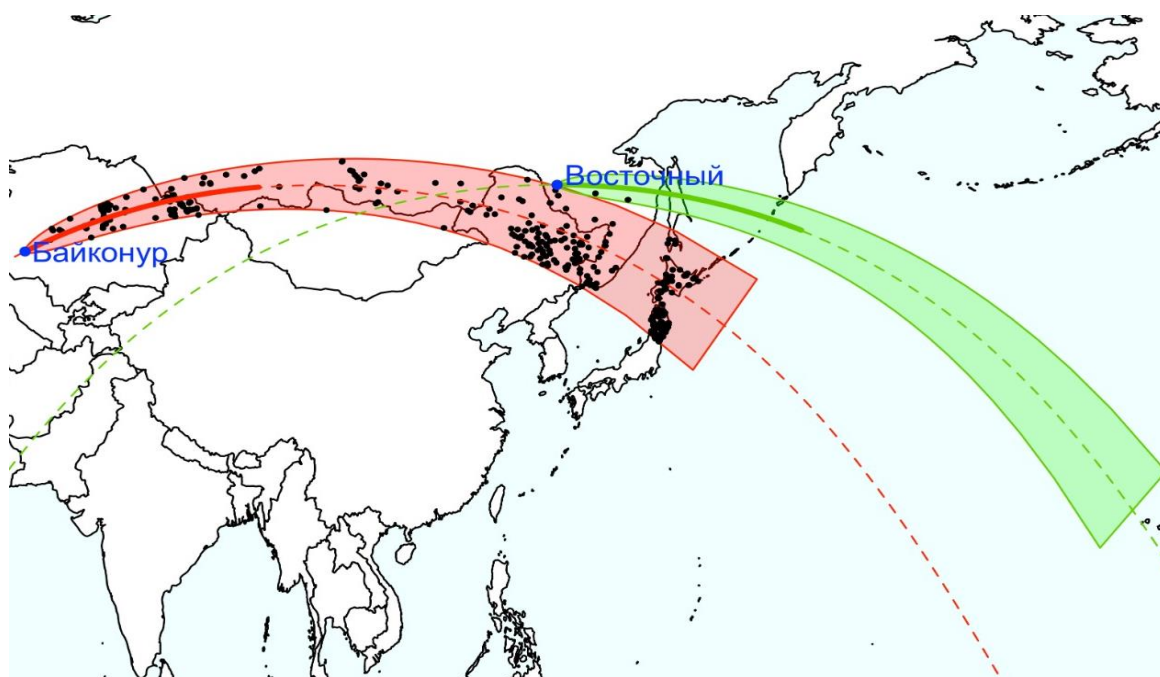


Рисунок 2а Сопоставление географического расположения максимально возможных зон поражения в случае аварии РН «Протон-М» при запусках с космодромов "Байконур" и «Восточный»



Рисунок 2б Сопоставление географического расположения максимально возможных зон поражения в случае аварии РН «Протон-М» при запусках с космодромов "Байконур" и «Восточный» на географической карте
Источник: построено автором

На рисунке 2а представлено сопоставление географического расположения зон возможного падения фрагментов в случае аварии РН «Протон-М» при старте с космодромов Байконур и Восточный. Для большей наглядности эти коридоры нанесены также на географическую карту (рисунок. 2б).

В таблице 3 представлены результаты расчетов вероятности попадания осколков КА в объекты инфраструктуры, полученные в предположении равновероятного приземлении фрагментов в границах коридора в случае аварии.

Таблица 3 Вероятность попадания фрагментов космического аппарата в объекты инфраструктуры

Космодром	Площадь области приземления (км ²)	Площадь объектов инфраструктуры (км ²)	Вероятность попадания в объект инфраструктуры
Байконур	4067361,383	359764,6	0,088452
Восточный	4067087,843	588,66	0,000145

Источник: построено автором

Полученные значения вероятности наступления риска ответственности за ущерб, причиненный жизни, здоровью и имуществу третьих лиц при возникновении аварии являются максимальными. Из анализа рисунка 2а следует, что на начальной стадии полета значительная часть инфраструктуры находится на удалении от трассы выведения (пунктирная линия). С набором высоты вероятность достижения аварийными фрагментами поверхности Земли уменьшается вследствие увеличения вероятности их сгорания в плотных слоях атмосферы. Практически реализуемое значение вероятности наступления соответствующего риска ответственности, определяемое произведением вероятностей возникновения аварии и попадания фрагмента в объект инфраструктуры, существенно меньше указанного в таблице 3.

Результаты оценочных расчетов вероятности реализации риска аварии при запуске длительное время производящихся и эксплуатируемых носителей не в полной мере учитывают их ранние несовершенства. Оценка рисков эксплуатации новых космических летательных аппаратов затрудняется из-за недостаточности статистических данных. В проведенном исследовании оценка рисков потери КА нового поколения осуществлена с использованием подхода Cross R.B. и Vesely W.E., базирующегося на использовании данных о результативности нескольких

первых запусков аппаратов нового типа, а также причинах отказов их элементов и узлов. С этой целью осуществлена систематизация данных о результативности первых трех запусков отечественных ракет-носителей нового типа с 1960 по 2018 годы, а также причинах возникших аварий. В таблице 4 приведены данные об общем количестве отказов элементов рассматриваемой ракеты-носителя, общем числе составляющих элементов, а также вероятность их отказов.

Таблица 4 Вероятность отказа в функционировании систем и узлов в ходе трех первых запусков РН (вариант 1)

Тип причины	Количество отказов	Количество элементов в рассматриваемых РН	Вероятность отказа
Ошибка 1 степени	4	99	0,0404
Ошибка 2 степени	2	99	0,0202
Ошибка 3 степени	3	56	0,0536
Сбой в работе бортового оборудования	3	99	0,0303
Разрушение разгонного блока	1	99	0,0101
Разрушение головного обтекателя	1	99	0,0101
Нештатное отделение КА / разделение ступеней	2	459	0,0044
Всего отказов:	16		

Источник: построено автором

С использованием приведенных данных может быть смоделирован первоначальный вероятностный сценарий нештатного функционирования рассматриваемого носителя нового поколения. Так, для новой ракеты-носителя «Ангара-А5М» (предполагаемое средство выведения КА с ЯЭДУ), имеющей три степени, головной обтекатель, навигационное оборудование и разгонный блок, в таблице 5 представлены смоделированные значения вероятности наступления различных нештатных ситуаций. Вероятность аварии рассматриваемой РН равна 0.1727⁸.

⁸ Вероятность $P_o = 1 - (1 - a_1)^{n_1} \times (1 - a_2)^{n_2} \times \dots \times (1 - a_n)^{n_i}$,

где $(1 - a_1), (1 - a_2), \dots, (1 - a_n)$ – надежность соответствующего элемента или вероятность штатного выполнения операций выведения КА;

$n_1, n_2 \dots n_i$ – количество соответствующих элементов в РН или запланированных для выведения КА операций;

Таблица 5 Вероятность наступления аварии для смоделированной версии РН (вариант 1)

Название элемента	Вероятность отказа элемента	Надежность элемента или вероятность штатного выполнения операций	Число элементов в РН
1 ступень	0,0404	0,9596	1
2 ступень	0,0202	0,9798	1
3 ступень	0,0536	0,9464	1
Бортовое оборудование	0,0303	0,9697	1
Разгонный блок	0,0101	0,9899	1
Головной обтекатель	0,0101	0,9899	1
Кол-во операций отделения	0,0044	0,9956	5
Вероятность аварии (с учетом числа элементов)		0,1727	

Источник: построено автором

Полученная первоначальная оценка вероятности может быть уточнена. На первом этапе уточнения используются систематизированные в процессе выполнения диссертационного исследования данные о количестве отказов элементов каждой категории, общей численности рассмотренных элементов и вероятности их отказа (таблица 6).

Таблица 6. Причины, количество и вероятность отказа систем и узлов новых носителей (систематика трех первых запусков)

Причина	Количество отказов	Количество элементов в рассматриваемых РН	Вероятность отказа
Ошибка двигателей 1 ступени	3	254	0,0118
Ошибка двигателей 2 ступени	2	122	0,0164
Ошибка двигателей 3 ступени	2	59	0,0339
Сбой в работе бортового оборудования	3	76	0,0395
Разрушение разгонного блок	1	76	0,0132
Разрушение головного обтекателя	1	76	0,0132

$n=i$.

Успешный запуск – запуск, в ходе которого все ключевые элементы и системы работают штатно.

Причина	Количество отказов	Количество элементов в рассматриваемых РН	Вероятность отказа
Нештатное отделение КА / разделение ступеней	2	353	0,0057
Всего отказов:	14		

Источник: построено автором

В таблице 7 представлены результаты расчета вероятности отказа элементов и их надежности в «смоделированном» носителе нового поколения. В результате проведения уточнения значение вероятности аварии несколько увеличилось и составило 0,1908.

Таблица 7 Вероятности отказа элементов и их надежность в «смоделированном» носителе нового поколения

Название элемента	Вероятность отказа элемента	Надежность элемента или вероятность штатного выполнения операций	Число элементов в РН
Двигатели первой ступени	0,0118	0,9882	4
Двигатели второй ступени	0,0164	0,9836	1
Двигатели третьей ступени	0,0339	0,9661	2
Бортовое оборудование	0,0395	0,9605	1
Разгонный блок	0,0132	0,9868	1
Головной обтекатель	0,0132	0,9868	1
Кол-во операций отделения	0,0057	0,9943	5
Вероятность аварии (с учетом числа элементов)		0,1908	

Источник: построено автором

На втором этапе уточнения значения вероятности аварии проводится анализ вводимых в рассмотрение коэффициентов, характеризующих верифицированные показатели надежности элементов и систем, прогнозируемые показатели результативности их функционирования, а также возможности введения резервирования. Численные значения коэффициентов составляют:

1 – для новой системы или элемента при отсутствии резервных систем (элементов), способствующих повышению надежности;

0,7 – то же при наличии резервных систем (элементов);

0,5 – для ранее успешно эксплуатировавшихся систем и элементов.

Для носителя «Ангара-А5М» предшествующей версией является «Ангара-А5». В таблице 8 приведены значения понижающих коэффициентов их элементов и систем.

Таблица 8 Укрупненный элементный состав носителей «Ангара-А5», «Ангара-А5М» и значения понижающих коэффициентов.

Элемент или система	Ангара-А5	Ангара-А5М	Понижающий коэффициент
Двигатели первой ступени	4хУРМ-1, РД-191	4хУРМ-1М, РД-191М (дополнительная резервная система подачи топлива)	0,7
Двигатели второй ступени	1хУРМ-1, РД-191	1хУРМ-1М, РД-191М	1
Двигатели третьей ступени	1хУРМ-2, РД-0124А	1хУРМ-2, РД-0124А	0,5
Разгонный блок	Бриз-М (14С48 и КВТК предполагаются к использованию в 2020 и 2024 годах соответственно)	КВТК	1
Головной обтекатель		Без изменений	0,5
Бортовое оборудование		Усовершенствованное, с использованием отечественных наработок, наличие дополнительных дублирующих систем	0,7

Источник: построено автором

В таблице 9 представлены значения вероятности отказа элементов и их надежности в «смоделированном» носителе нового поколения, полученные с использованием понижающих коэффициентов.

Таблица 9 Вероятности отказа элементов и их надежность в «смоделированном» носителе нового поколения с учетом понижающих коэффициентов

Название элемента	Вероятность отказа элемента	Понижающий коэффициент	Вероятность отказа с учетом понижающего коэффициента	Надежность элемента или вероятность штатного выполнения операций	Число элементов в РН
Двигатели первой ступени	0,0118	0,7	0,0083	0,9917	4
Двигатели второй ступени	0,0164	1,0	0,0164	0,9836	1
Двигатели третьей ступени	0,0339	0,5	0,0169	0,9831	2
Бортовое оборудование	0,0395	1,0	0,0395	0,9605	1
Разгонный блок	0,0132	0,5	0,0066	0,9934	1
Головной обтекатель	0,0132	0,7	0,0092	0,9908	1
Кол-во операций отделения	0,0057	0,5	0,0028	0,9972	5
Вероятность аварии (с учетом числа элементов и понижающих коэффициентов)				0,1429	

Источник: построено автором

Таким образом, после проведения второго этапа корректировки прогнозируемое значение вероятности потери РН составляет 0,1429, а соответствующий ущерб определяется стоимостью реализации проекта.

4. На основе разработанных методики оценки надежности ключевых элементов и модели оценки риска ответственности перед третьими лицами обоснована целесообразность запуска КА с ЯЭДУ с космодрома Восточный и рекомендация ограничения продолжительности первого полета.

Результаты анализа данных таблицы 3 свидетельствуют о существенно меньшем значении вероятности поражения аварийными фрагментами объектов инфраструктуры при осуществлении запуска КА с космодрома Восточный (большая часть коридора- над океаном), нежели с космодрома Байконур. Целесообразность использования космодрома Восточный для запуска КА с ЯЭДУ

обосновывается его расположением на территории РФ, меньшим значением вероятности наступления ответственности за ущерб, причиненный жизни, здоровью и имуществу третьих лиц и, как следствие, меньшей стоимостью страхования этого риска.

Расчеты надежности функционирования ключевых элементов и систем КА с ЯЭДУ проведены с учетом специфики требований безопасности, предъявляемых на стадиях проектирования и производства соответствующих изделий. Обосновано наибольшее влияние надежности систем преобразования и распределения электроэнергии (СПЭ), а также отвода тепла (СОТ) на суммарную надежность космического энергетического модуля (ЭМ) нового поколения, характеризующегося мегаваттным уровнем мощности. Для выявления показателей надежности ключевых элементов и систем использован экспоненциальный закон надежности.

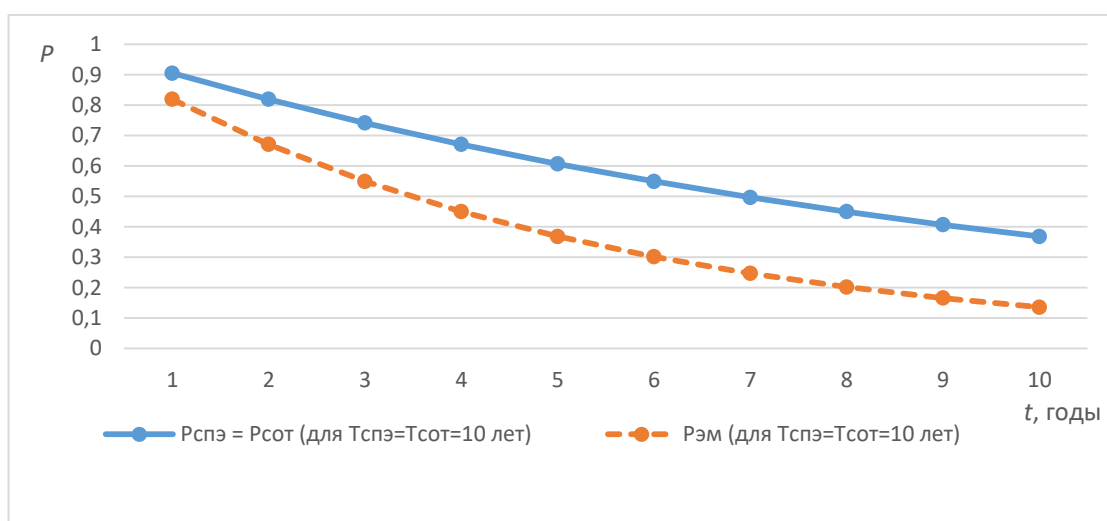


Рисунок 3 Изменение надежности СПЭ и СОТ (верхняя кривая) при десятилетней наработке до отказа и суммарной надежности ЭМ (нижняя кривая), рассчитанной для отказов, не приводящих к ядерным авариям
Источник: построено автором

На рисунке 3 приведены графики зависимости надежности систем преобразования энергии и отвода тепла (верхняя кривая) для случая равенства значений их средних наработок до отказа 10 годам, а также суммарной надежности энергетического модуля (нижняя кривая), рассчитанной для отказов, не приводящих к ядерным авариям. Необходимость ограничения длительности первого полета КА с ЯЭДУ одним годом обосновывается результатами

прогнозных расчетов надежности его ключевых систем. Даже с учетом некоторого занижения величины рассчитанной надежности по отношению к истинному значению, являющегося следствием используемого метода, необходимость проведения таких расчетов не вызывает сомнений. Результаты систематизации выявленных показателей надежности позволяют установить приемлемые условия страхования инновационного космического запуска, сопряженного со значительными рисками. Появление в этой связи некоторого "запаса" значения принимаемого во внимание показателя надежности модуля выглядит обосновано и направлено на обеспечение возможности осуществления дополнительных действий, обеспечивающих повышение показателя безопасности запуска. В случае успешного выполнения программы первого полета диапазон времени последующей орбитальной эксплуатации модуля может быть расширен, однако осуществление страхования первого запуска на более длительный срок представляется избыточно рискованным.

III. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных Ученым советом МГУ имени М.В.Ломоносова для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит:

1. Коротеева А.А. Основы тарификации при страховании космических аппаратов с ядерной энергодвигательной установкой // Страховое дело 2018. №4, С. 30-35 (Импакт-фактор по РИНЦ: 0,599)
2. Коротеева А.А. Динамика аварийности и страхование запусков космических аппаратов в РФ // Страховое дело 2018. №6, С. 18-25 (Импакт-фактор по РИНЦ: 0,599)
3. Акимов В.Н., Гафаров А.А., Долгуничев К.Д., Коротеева А.А. Вопросы страхования космических аппаратов с ядерными энергетическими установками // Страховое дело 2018. №12, С. 39-46 (Импакт-фактор по РИНЦ: 0,599)
4. Коротеева А.А. Аварийный запуск космического корабля "Союз МС-10" как фактор влияния на пересмотр ценовой политики при страховании космических рисков // Страховое дело 2019. № 6, С.19-26 (Импакт-фактор по РИНЦ: 0,599)

Статьи в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит:

1. Семенкин А.В., Гафаров А.А., Солодухин А.Е., Коротеева А.А. Некоторые вопросы радиационной безопасности и страхования космических аппаратов с ЯЭУ // Атомная энергия 2020. Т. 128, № 1, С.11-17 (Импакт-фактор по РИНЦ: 0,614)

Иные публикации:

1. Коротеева А.А. Тарификация имущественных рисков при страховании космических аппаратов с ядерной энергодвигательной установкой: Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2017» / Отв. ред. И.А. Алешковский, М.: МАКС Пресс, 2019. – 1 электрон. опт. Диск (DVD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader. – ISBN 978-5-317-06100-5
2. Коротеева А.А. Космические аппараты с ядерными энергетическими установками: особенности конструкции, эксплуатации и страхования: 24-я

научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов (с международным участием) (2017; Дубна). 24-я научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов, 20—31 марта 2017 г. [Электрон. ресурс]: сб. материалов. — Дубна : Гос. ун-т «Дубна», 2017, С. 550-552

3. Коротеева А.А. Развитие ракетно- космической отрасли в РФ: динамика аварийности космических запусков и страхование космических рисков: Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2018» / Отв. ред. И.А. Алешковский, М.: МАКС Пресс, 2019. – 1 электрон. опт. Диск (DVD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader. – ISBN 978-5-317-06100-5
4. Коротеева А.А. Перспективы развития рынка страхования космических рисков в РФ: Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2019» / Отв. ред. И.А. Алешковский, М.: МАКС Пресс, 2019. – 1 электрон. опт. Диск (DVD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод DVD-ROM; Adobe Acrobat Reader. – ISBN 978-5-317-06100-5