

На правах рукописи



ФАУСТОВА ОКСАНА ГРИГОРЬЕВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ
И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ
ГРУЗОПЕРЕВОЗОК**

Специальность 05.26.02 – «Безопасность в чрезвычайных ситуациях
(в морской индустрии)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Калининград-2016

Работа выполнена на кафедре «Организация перевозок и управление на транспорте» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет».

Научный руководитель: доктор педагогических наук,
кандидат технических наук,
профессор кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте»
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
Мойсеенко Сергей Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
кафедры навигации
ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова»
Логиновский Владимир Александрович

доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Управление и защита в чрезвычайных ситуациях» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Гуменюк Василий Иванович

Ведущая организация: АО «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ»), г. Санкт-Петербург

Защита состоится 21 июня 2016 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 307.007.02 при ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по адресу: 236022, Калининградская обл., г. Калининград, проспект Советский, д. 1, ауд. 255.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

Электронная версия автореферата размещена на официальном сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» www.klgtu.ru 21 апреля 2016 г. и на официальном сайте ВАК Министерства образования и науки РФ <http://vak.ed.gov.ru> 21 апреля 2016 г.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Н.Ю. Бугакова

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Актуальность разработки и внедрения методики интегральной оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) для повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок обусловлена необходимостью снижения аварийности и повышения надежности работы транспортных систем, так как на сегодняшний день уровень аварийности на морском и других видах транспорта остается достаточно высоким, несмотря на то, что за последние десятилетия достигнут существенный прогресс в части научно-технического обеспечения безопасности мореплавания и мультимодальных грузоперевозок.

Обеспечение безопасности на морском транспорте и в области мультимодальных грузоперевозок в целом является одной из приоритетных задач. Поскольку возникновение ЧС в процессе перемещения грузов/пассажира во времени и пространстве происходит вследствие негативного воздействия различной природы факторов, актуальной является задача упреждения их воздействия или снижения их негативного влияния.

Транспорт, являющийся, как известно, источником повышенной опасности, находится в центре внимания ученых, специалистов, политиков и общественности. Применительно к морскому транспорту с недавних пор в деятельности ряда классификационных обществ и крупных судоходных компаний используется методический подход к уменьшению количества аварий на море - формализованная оценка безопасности (ФОБ) или (Formal Safety Assessment, FSA). Международная морская организация (ИМО) определяет его так: «Структурированная и систематическая методология, имеющая целью повысить безопасность на море, включая защиту жизни, здоровья, среды и имущества путем оценки риска и соотношения затрат и выгод». Для повышения уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации 1 августа 2012 года был введен ГОСТ Р 54505-2011 «Управление рисками на железнодорожном транспорте», регламентирующий общие подходы к управлению рисками на железнодорожном транспорте.

В истории развития транспорта вопросы обеспечения безопасности всегда имели первостепенное значение. Так на морском транспорте бурное развитие получили системы спутниковой навигации, радиолокационные и гидроакустические системы, совершенствуются средства спасения человека на море и др. Повышается уровень профессиональной подготовки морских специалистов. Однако аварийность на морском флоте все еще остается высокой и существенно не снижается. Анализ практики подготовки и выполнения морских и мультимодальных перевозок показывает, что планирование перевозки и её подготовка решаются традиционными методами, при разработке транспортно-логистических систем (ТЛС) вопросы оценки и управления рисками должного научного обеспечения не получили.

Степень разработанности темы. Вопросам повышения безопасности морских и мультимодальных перевозок посвящены исследования многих российских и зарубежных ученых. С целью создания единой структурированной и систематизированной методики повышения безопасности мореплавания в 2001 году на 74-й сессии Комитета по безопасности на море было принято «Руководство по формализованной оценке безопасности (ФОБ) для использования в процессе нормотворчества ИМО». В области оценки безопасности грузоперевозок, оценки и управления рисками, в том числе с использованием метода ФОБ в морской индустрии выполнены работы В.А. Логиновского, С.С. Мойсеенко, С.Н. Некрасова, Н.А. Решетова, В.П. Топалова, В.Г. Торского и других авторов. Решению проблем обеспечения безопасности и управления рисками на железнодорожном и автомобильном транспорте посвящены работы О.А. Бендер, И.В. Мартынюка, Ю.А. Машинистова, С.В. Петрова и др. Существенный вклад в решение проблем обеспечения безопасности и развития практико-ориентированных методов управления рисками внесли отечественные и зарубежные исследователи: В.А. Абчук, М.Н. Александров, В.А. Владимиров, Б.С. Мاستрюков, А.М. Никитин, В.А. Туркин, Svein Kristiansen, R. Gabruk, M. Tsimbal, A. Bak, V. P. Prokhnich, A.J. McNeil, R. Frey, P. Embrechts, H. Bergland, P.A. Pedersen, W.D. Rowe и другие.

Однако, как показывает анализ существующей практики и исследований в области обеспечения безопасности перевозок, научные основы оценки и управления рисками на транспорте в области обеспечения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок разработаны недостаточно полно. Так, остаются мало разработанными методы комплексной оценки рисков возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках, оценки эффективности и безопасности проектов транспортно-логистических систем морских и мультимодальных перевозок по критериям риска. Недостаточно разработаны вопросы принятия решений в контексте управления рисками возникновения ЧС.

На сегодняшний день в отечественной и зарубежной практике не существует окончательно сформировавшихся научных основ обеспечения безопасности перевозок и сохранности грузов, людей и окружающей среды по критериям риска. Вместе с тем, как показывает практика, последствия аварий и аварийных происшествий могут быть очень тяжелыми, а потери во много раз превышать затраты на их предупреждение.

Таким образом, имеется *противоречие*: с одной стороны существует объективная необходимость повышения безопасности и эффективности морских и мультимодальных грузоперевозок; с другой стороны остаются недостаточно разработанными научные основы обеспечения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок в условиях неопределенности.

Из названного противоречия можно сформулировать *проблему* – повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок на основе разработки и совершенствования методов оценки и управления рисками возникновения ЧС.

В этой связи разработка методики интегральной оценки и управления риском возникновения ЧС для повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок является актуальной.

Цель диссертационного исследования – разработка, развитие и совершенствование методики интегральной оценки рисков и способов управления ими в чрезвычайных ситуациях для повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.

Задачи исследования:

1. Определение и систематизация структуры факторов риска чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках.
2. Разработка методических подходов к оценке риска и прогнозированию возникновения ЧС в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок.
3. Разработка методики интегральной оценки рисков ЧС, критериев эффективности и безопасности ТЛС мультимодальных перевозок.
4. Разработка алгоритма проектирования ТЛС мультимодальных грузоперевозок с учетом факторов риска и структурной модели управления рисками в случаях возникновения ЧС в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок.
5. Разработка методических основ прогнозирования рисков возникновения ЧС, динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии) и расчет ущерба.

Объектом исследования являются транспортные процессы и организация морских и мультимодальных грузоперевозок в условиях ЧС.

Предмет исследования – обеспечение безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок в условиях риска при возникновении ЧС.

Методология и методы диссертационного исследования. Теоретико-методологическим фундаментом работы является системный подход. В теоретических исследованиях и численных экспериментах использованы методы системного анализа, транспортной логистики, теории вероятности, методы математической статистики и экспертных оценок.

Личный вклад автора заключается в развитии и совершенствовании методов прогнозирования и оценки рисков возникновения ЧС в мореплавании (в морской индустрии). Автором предложены методика интегральной оценки и управления риском возникновения ЧС для целей повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок, методы прогнозирования рисков возникновения ЧС и динамики их развития, оценка ущерба.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в ней:

1. Предложена методика интегральной оценки риска ЧС, которая позволяет ещё на раннем этапе проектирования ТЛС морских и мультимодальных грузоперевозок оценить уровень безопасности вариативных схем доставки грузов и рассмотреть возможности снижения уровня риска до допустимых значений.

2. Разработана структурная модель системы управления риском ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках, основное отличие которой от ранее известных в том, что в данной модели используются методы анализа и прогнозирования рисков отказа технических средств, формирования интегральной оценки риска ЧС, определение допустимого уровня риска, что позволяет в процессе организации перевозок грузов оценить проект ТЛС на эффективность и, в случае неэффективности проекта, разработать мероприятия по минимизации рисков и транспортным издержкам и предупреждению ЧС.

3. Разработаны алгоритм проектирования ТЛС мультимодальной грузоперевозки с учетом факторов риска, где дополнительно к основным этапам проектирования были добавлены операции по расчету прогностической оценки риска ЧС, по расчету интегральной оценки риска по каждому альтернативному маршруту, оценке альтернативных вариантов по критериям минимизации, и критерии оценки эффективности и безопасности ТЛС доставки грузов, что позволяет выбрать оптимальный вариант ТЛС по нескольким критериям.

4. Разработаны методические основы прогнозирования ЧС в мореплавании (в морской индустрии), динамика их развития и оценка ущерба.

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в разработке методики интегральной оценки рисков и модели управления рисками ЧС, которые отличаются от ранее известных комплексностью и многокритериальностью, и развивают прикладные направления теории рисков.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что использование методики интегральной оценки рисков возникновения ЧС позволяет уже на стадии раннего проектирования оценить уровень безопасности и эффективность проектов. Использование системы управления рисками позволяет минимизировать риски и величину ущерба в случае возникновения аварийных ЧС за счет разработки мероприятий по снижению уровня риска до допустимых значений, что повышает уровень безопасности грузоперевозок.

Основные результаты, выносимые автором на защиту:

1. Методика интегральной оценки рисков возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках и расчета прогностических оценок состояния системы «природа – морское судно», вероятности отказов технических средств (в частности главного двигателя судна) и рисков ЧС.

2. Алгоритм проектирования ТЛС мультимодальных перевозок с учетом факторов риска ЧС, критерии эффективности и безопасности ТЛС.

3. Структурная модель управления рисками ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках.

4. Методика прогнозирования рисков возникновения ЧС в мореплавании (в морской индустрии), динамика их развития и оценка ущерба.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования:

- результаты работы внедрены в учебный процесс обособленного структурного подразделения БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» для подготовки бакалавров направления «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства» при изучении дисциплин «Проектирование и управление мультимодальными перевозками» и «Методология проектирования транспортных процессов и систем»;

– результаты исследования внедрены в организацию работы транспортно-экспедиторской компании ООО «Тесса» и СЗБФ ФГУП «Росморпорт» – при проектировании грузоперевозок и оценке рисков.

Результаты экспериментальной проверки показали целесообразность применения предлагаемых методов в практической деятельности.

Апробация результатов исследования.

Ход исследования, его основные положения и результаты обсуждались в Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота, на международных научно-технических конференциях (Калининград, Светлогорск – 2007, 2008, 2009, 2013 гг.) и в Польше (Trans Nav – 2013), межвузовских научно-технических конференциях аспирантов, соискателей, докторантов (Калининград – 2009, 2010, 2012, 2014 гг.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка литературы и приложений. Общий объем исследования составляет 200 страниц машинописного текста и включает 31 рисунок и 18 таблиц. Список использованных источников состоит из 140 наименований, из которых 22 принадлежат иностранным авторам.

Основное содержание работы

Во введении раскрыта проблема, связанная с повышением аварийности на морском и других видах транспорта, сохранением рисков возникновения чрезвычайных происшествий в процессе грузоперевозок, обоснована актуальность работы, степень ее научной разработанности, определены объект и предмет исследования, основные цели и задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ проблем повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок» дан аналитический обзор аварийности на морском, автомобильном и железнодорожном видах транспорта, проведен анализ научно-практических работ по проблемам оценки рисков в контексте безопасности грузоперевозок.

Выполненный анализ аварийных случаев на транспорте показал, что, несмотря на снижение аварийности за последние 10 лет, сохраняются риски возникновения транспортных происшествий с тяжелыми последствиями. При планировании и организации морских и мультимодальных грузоперевозок, выборе транспортно-логистических схем перевозок не выполняются расчеты и обоснования значений уровня безопасности перевозок с учетом факторов риска. Анализ проблем безопасности морских грузоперевозок показывает, что уровень аварийности морского флота остается на высоком уровне, особое беспокойство вызывает высокий уровень риска гибели судна, что обуславливается многими факторами природного, техногенного и организационно-управленческого характера.

Аварийные случаи на транспорте зависят от многих факторов, оказывающих негативное влияние на безопасность грузоперевозок. К числу таких факторов можно отнести: природно-климатический фактор (ураганы, смерчи, наводнения, землетрясения, сели, оползни, обвалы и т.д.) и фактор времени (год, месяц, сутки); техногенный фактор (взрывы, пожары, отказы технических средств и др.); технико-технологический фактор (уровень надежности транспортных средств и ПРР); человеческий фактор и др.

Принятие эффективных решений по снижению степени влияния различных факторов и снижению риска возникновения аварийных происшествий на транспорте представляется первостепенной задачей. Для решения этой задачи требуется, прежде всего, на стадии проектирования рейса определить возможные риски и рассчитать их количественные оценки. После чего необходимо рассмотреть возможности снижения степени рисков и их последствий в случае возникновения ЧС.

Выделены три основных этапа исследования аварийности и оценки риска возникновения ЧС на всех видах транспорта: выявление факторов риска возникновения ЧС; оценка обстоятельств и частота их возникновения; изучение характера и последствий аварий и (или) ЧС.

Проблему повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок в диссертационном исследовании предлагается решать при помощи разработки методики интегральной оценки и управления рисками при возникновении ЧС.

Во второй главе «Методика интегральной оценки рисков возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках» дан анализ и систематизация факторов риска возникновения ЧС на транспорте в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок.

Методика расчета риска строится на основе использования статистической модели безопасности перевозок различными видами транспорта и общей модели сценария развития ЧС (рис. 1).



Рисунок 1 – Обобщенная схема развития сценария аварийной ситуации

Анализ статистических данных позволяет определить тип потока случайных событий, уравнение тренда и выбрать конкретную модель, описывающую состояние безопасности движения посредством получения количественных оценок показателей риска.

В качестве вспомогательной задачи рассматривается статистическая модель безопасности грузоперевозок на ограниченном отрезке времени (год), как стационарный пуассоновский поток событий, для которого вероятность того, что на отрезке времени τ наступит k событий:

$$P \{X(t, \tau) = k\} = \frac{a^k e^{-a}}{k!}, \quad (1)$$

где P – вероятность появления события; m - число испытаний, ед.; $X(t, \tau)$ – функция количества случайных опасных событий; k – количество опасных случайных событий на протяжении рассматриваемого времени; $a = \lambda \tau$ – параметр, зависящий от интервала времени и количества опасных случайных событий; λ – интенсивность потока опасных событий; τ – рассматриваемый интервал времени (размерность выбирается исходя из конкретной задачи).

Основанием для применения такого подхода является то, что поток опасных событий при перевозках, например, морским транспортом, укладывается в рамки понятий теории случайных процессов.

Следует также отметить, что общий поток опасных событий на транспорте складывается из частных потоков случайных событий по ряду причинных факторов, по ряду дорог на суше и морских путях, что делает возможным использование фундаментального положения теории потоков. Сумма независимых пуассоновских потоков является также пуассоновским потоком.

При разработке методической части оценки риска для морских судов принимались следующие допущения:

- возникновение и развитие ЧС протекает по сценарию, представленному на рис.1;

– возникновение ЧС и далее аварий представляется как последовательность несовместных событий A_j^l и совместных событий B_i .

Группа несовместных событий A_j^l включает: опасные отказы технических средств j -го вида ($j=1,2,\dots,J$) на цепочке маршрута l ($l=1,2,\dots,L$), например, главного двигателя, что может оказаться причиной столкновения судов или посадки на мель. При этом только одно событие A_j^l может служить причиной столкновения или посадки на мель при движении судов.

События B_i представляют собой совместные события, одно из которых с определенной вероятностью может произойти после наступления события A_j^l , т.е. это событие может оказаться причиной столкновения, посадки на мель, гибели судна с i -м видом последствий (B_1 - крушение; B_2 - столкновение; B_3 – посадка на мель).

Используя фундаментальные понятия теории вероятностей, вероятность возникновения отказа/условий j -го вида с i -м ущербом $P(A_{ji}^l)$ можно рассчитать, как среднестатистическую, из отношения количества судов/ транспортных средств, потерпевших аварии по причине отказа j -го вида с i -м ущербом в районах плавания/на дорогах l к общему числу судов/транспортных средств, проходящих через эти районы:

$$P(A_{ji}^l) = \frac{\sum_j \sum_i \sum_l N_{jil}}{\sum_l N_l} \quad (2)$$

Весовые оценки отказов j -го вида с i -м ущербом в районах плавания l рассчитываются по формуле:

$$\omega(A_{ji}^l) = \frac{\sum_l N_{jil}}{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}} \quad (3)$$

Так как причины аварий устанавливаются путем экспертных оценок, в процессе служебного расследования случившихся обстоятельств аварийного происшествия с транспортным средством вероятности появления событий $P(A_j^l)$ рассматриваются как «субъективные», априорные вероятности. Таким образом, события A_j^l следует рассматривать как группу «гипотез», которые порождают события B_i .

Поэтому если событие A_j^l произошло, то вероятность «гипотез», которые порождают события B_i , можно оценить, применяя теорему Байеса, на основании формулы умножения вероятностей:

$$P(A_j^l | B_i) = \frac{P(A_j^l) \cdot P(B_i | A_j^l)}{\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L P(A_j^l) \cdot P(B_i | A_j^l)}, \quad (4)$$

где $P(A_j^l)$ – вероятностные гипотезы A_j^l ;

$P(B_i | A_j^l)$ – условные вероятности события B_i при гипотезе $P(A_j^l)$.

Рассчитав значения $P(B_i|A_j^1)$, можно найти максимальное значение вероятности, т.е. определить, какие события A_j^1 с максимальной вероятностью приводят к событию B_i .

Интенсивность возникновения аварий за период T по причинам отказов, тяжелых погодных условий, форс-мажорных обстоятельств можно рассчитать, используя статистические данные для каждого потенциально-опасного района l по формуле:

$$\gamma_{(B_i|A_j)} = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_l}, \quad (5)$$

а из расчета на одно, проходящее по районам l судно:

$$\gamma_{(B_i|A_j)}^S = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_l \cdot \sum_l S_{lT}}, \quad (6)$$

где $\sum_l S_{lT}$ – количество судов, проходящих через районы l за время T .

Тогда вероятность возникновения ЧС и аварии (величина аварийного риска) может быть рассчитана по формулам, приведенным в работе:

$$R(B_i|A_j^l) = 1 - \exp(-\gamma_{B_i|A_j^l} T_l), \quad (7)$$

$$R(B_i) = \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l), \quad (8)$$

$$R(B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l). \quad (9)$$

Цена риска аварий R_i^1 может быть рассчитана как произведение вероятности аварии $P(B_i|A_j^1)$ на величину предполагаемого ущерба $\int W_i^l dl$ (функцию ущерба в случае одной единицы транспорта/судна)

$$R_i^l = P(B_i|A_j^l) \int W_i^l dl. \quad (10)$$

Вычислить аварийный риск, а также величину риска материального ущерба можно и при перевозке грузов различными видами транспорта.

Оценка риска перевозки по заданным маршрутам (перевозка морем, перевозка железнодорожным транспортом, перевозка автомобильным транспортом) может быть представлена как сумма рисков:

$$R_w = R_1 + R_2 + R_3. \quad (11)$$

где R_1 – риск ущерба, связанный с кораблекрушением;

R_2 – риск ущерба, связанный с отказами технических средств;

R_3 – риск ущерба, связанный с авариями на железнодорожном / автомобильном транспорте при взаимодействии с другими видами транспорта.

Для расчета цены риска необходимо рассчитать стоимость транспортного средства (или его ремонта), груза и фрахта/аренды, затем выполнить расчет цены риска по формуле:

$$R_3 = \sum_j r_n \times W_j, \quad (12)$$

где r_n – вероятность аварии на пересечении маршрутов транспорта;

W_j – функция распределения ущерба на пересечении маршрутов, например, при ДТП.

Таким образом, представленная здесь методика расчета вероятностей риска возникновения ЧС и аварий составляет основополагающий базис для формирования интегральных оценок рисков.

В контексте разрабатываемого подхода к интегральной оценке риска ЧС для повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок предлагается использовать алгоритм формирования интегральной оценки риска, который можно представить следующим образом:

1. Определить априорные вероятности возникновения отказов согласно статистическим данным или экспертным оценкам (minimax) по формулам:

$$P_j^{ож} = \frac{P_j^{\min} + 4P_j^{HB} + P_j^{\max}}{\delta}, \quad (13)$$

где $P_j^{ож}$ – априорная вероятность ожидания j -го отказа; P_j^{\min} – минимальное значение вероятности j -го отказа; P_j^{HB} – наиболее вероятная величина вероятности j -го отказа; P_j^{\max} – максимальное значение вероятности j -го отказа; δ – дисперсия, которая рассчитывается по формуле (14).

$$\delta^2 = \frac{(P_j^{\max} - P_j^{\min})^2}{2}; \quad (14)$$

$$P_j^{HB} = \frac{2P_j^{\min} + P_j^{\max}}{3}. \quad (15)$$

2. По формуле (3) определить весовые оценки j -го вида отказов/условий, которые повлекли за собой аварии.

3. По формуле (4) рассчитать условные вероятности возникновения событий B_i (аварии i -го вида). Расчет выполняется для всех j, i и l (этапы, виды транспорта, маршруты).

4. Определить максимальные значения вероятности, какие виды отказов/условий с максимальной вероятностью приводят к событиям B_i (авариям i -го вида).

5. Сформировать интегральную оценку вероятности возникновения ЧС и событий B_i (аварии). Интегральная оценка $P(B_i|A_{jl})$ рассчитывается по формуле сложения вероятностей.

6. Рассчитать средневзвешенную цену риска как сумму произведений весовых оценок отказов j -го вида с i -м ущербом в районах l на цену риска, которая определяется путем умножения вероятностей возникновения аварии на ущерб от нее:

$$R_{cp} = \sum_i \sum_l \omega_{il} \times R_{il}, \quad (16)$$

7. Рассчитанную величину (цену) риска сравнить с допустимой величиной риска. При этом учитывается, что если человеческие жертвы отсутствуют, и цена риска меньше ожидаемой прибыли, то риск может считаться допустимым.

Практическое применение методики формирования интегральной оценки риска ЧС рассматривается на примере мультимодальных перевозок по международному транспортному коридору в рамках Евро-Азиатского единого транспортного пространства.

Главное отличие данной методики от ранее известных в том, что для каждого отдельного этапа перевозки производится анализ факторов, влияющих на процесс перевозки, определяются факторы риска и рассчитывается интегральная оценка риска ЧС, что позволяет еще на этапе раннего проектирования ТЛС морских и мультимодальных грузоперевозок оценить уровень безопасности вариативных схем доставки грузов и рассмотреть возможности снижения уровня риска до допустимых значений. Кроме того, знание величины риска (степени безопасности) уже на отдельных участках пути уменьшает число необоснованных рискованных решений, позволяя транспортным компаниям, грузовладельцу, судовому экипажу и судовладельцу предусмотреть дополнительные меры безопасности, что уменьшает вероятность возникновения аварийного случая или размер возможного от него ущерба.

В третьей главе «Методы и модели управления рисками возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках» предложена структура комплекса задач управления рисками в процессе возникновения ЧС мультимодальных грузоперевозок. Разработан план мероприятий по снижению уровня рисков и смягчению последствий ЧС в процессе перевозок. Приводится пример, как на практике осуществляется принятие управленческого решения на основе оценки риска.

Рассматриваются методические подходы к проектированию ТЛС как одной из задач управления с учетом факторов риска. Основным требованием при проектировании ТЛС морских и мультимодальных грузоперевозок является обеспечение безопасности и эффективности грузоперевозок, а также оценка риска возникновения ЧС в процессе мультимодальных грузоперевозок.

На рис. 2 представлен усовершенствованный вариант структурной модели управления рисками в процессе организации грузоперевозок. С помощью представленной модели управления рисками можно оценить проект ТЛС на эффективность и, в случае неэффективности проекта, разработать мероприятия по минимизации рисков и предупреждению ЧС.

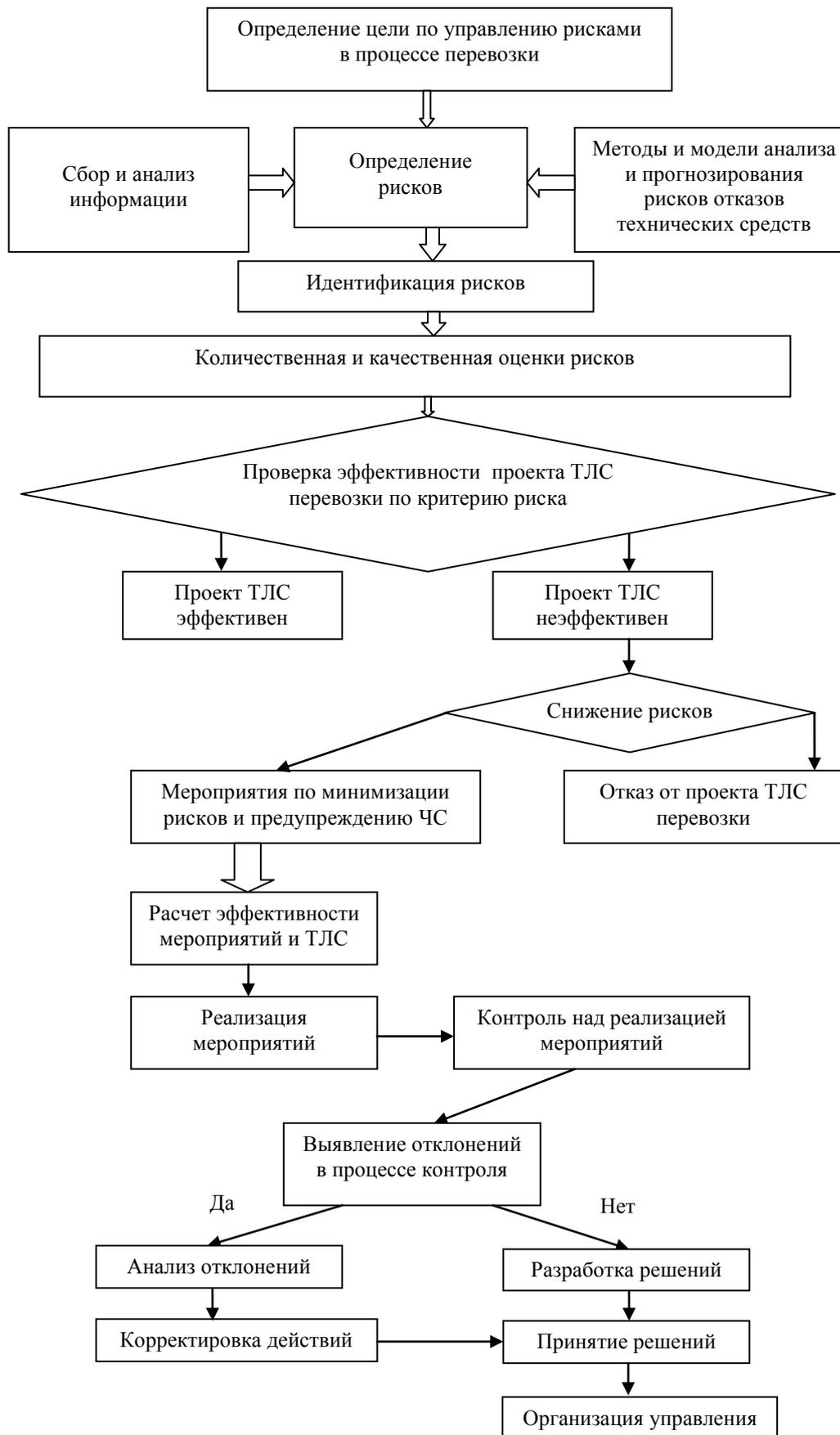


Рисунок 2 – Структурная модель управления рисками в процессе организации перевозок грузов

В процессе исследования был разработан алгоритм проектирования ТЛС, где описаны не только основные этапы проектирования доставки груза, но и включены операции по расчету прогностической оценки риска ЧС, проведению игровых имитационных экспериментов с виртуальной моделью проекта, а также работы, связанные с подготовкой персонала к реализации проекта ТЛС.

В практике грузоперевозок эффективность систем доставки грузов должна оцениваться по нескольким критериям. В данном исследовании были разработаны критерии эффективности и безопасности грузоперевозок, что в совокупности с учетом интегральной оценки риска позволяет выбрать оптимальный/рациональный вариант ТЛС доставки груза по нескольким критериям.

Качество проекта по критерию безопасности и сохранности проверяется путем: 1) расчета средневзвешенной оценки риска перевозки и сравнение этой величины с уровнем допустимого риска; 2) определения соответствия выбранных транспортных средств, методов крепления грузов и крепежного материала, мероприятий по обеспечению безопасности требованиям Международных Конвенций и Правил; 3) определение соответствия остойчивости и прочности судов нормам Морского Регистра России.

В диссертации приводятся примеры практической реализации частных задач, даются рекомендации по использованию предложенной методики интегральной оценки рисков в реальной практике.

Таким образом, система управления рисками позволяет судоходным компаниям и сторонам, вовлеченным в морское предприятие, прогнозировать возникновение рисков и оценивать их последствия, планировать перевозки с учетом рисков, разрабатывая при этом мероприятия по снижению уровня рисков, осуществлять контроль рисков на всех уровнях и принимать рациональные решения в случае угрозы возникновения чрезвычайной ситуации.

В четвертой главе «Методологические основы прогнозирования рисков возникновения ЧС и динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии)» на основе использования теории Марковских процессов разработана методика расчета прогностических оценок рисков ЧС состояния системы «природа - морское судно» и вероятности отказов технических средств (в частности главного двигателя судна). Решение задачи «Расчет прогностической оценки вероятностного состояния системы «природа - морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна» производится в пакете прикладных программ MathCad. Предложена методика прогнозирования рисков возникновения и развития ЧС в море, в основу которой положены методы сценариев развития ЧС и дерева отказов, что позволяет рассчитывать прогностические оценки вероятности возникновения ЧС, которые отражают динамику развития ЧС в мореплава-

нии. Практическое применение методики представлено на примере посадки судна m/v «JHON N» на мель.

Пример построения дерева отказов развития ЧС приведён на рисунке 3.

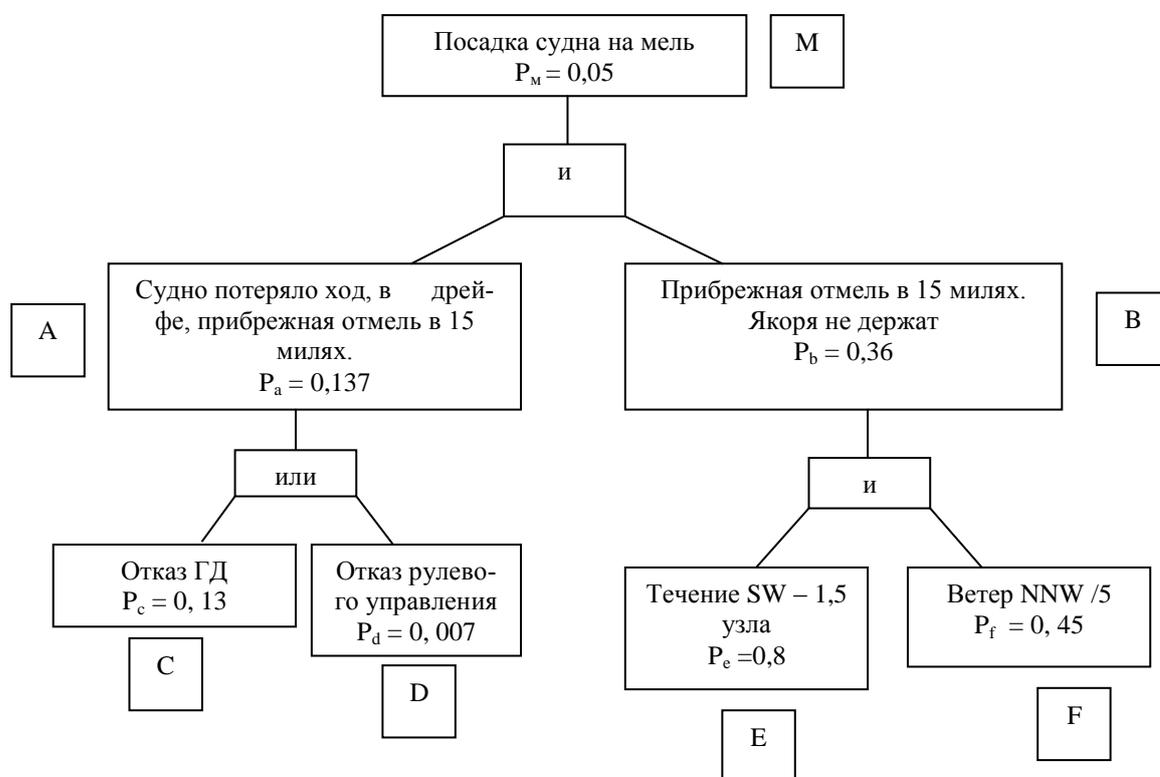


Рисунок 3 – Дерево отказов развития ЧС (посадки судна на мель)

Рассмотренное дерево отказов – это вариант прогноза возникновения и развития ЧС, анализ которого позволяет оценить возможные исходы для дальнейшего принятия обоснованных и рациональных решений по предотвращению посадки судна на мель.

Произведён расчёт оценки ущерба возникновения ЧС на транспорте, который показал, что подобные расчеты необходимо проводить в каждом конкретном случае. Применительно к морскому транспорту ущерб будет исчисляться или, исходя из факта гибели судна, или из факта снятия судна с мели и его буксировки в порт-убежище.

В заключение диссертационного исследования обобщены и изложены основные выводы, подтверждающие положения, выносимые на защиту, представлен комплекс исследований, который позволил получить следующие результаты:

1. Анализ работ по оценке рисков на транспорте позволил выявить общие методические подходы, использование которых может быть полезным при решении вопросов оценки риска в области повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.

2. Разработана методика формирования интегральной оценки риска ЧС в целях повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок, которая позволяет оценить совокупный риск на всех этапах грузоперевозок.

Новизна предлагаемой в настоящей работе методики интегральной оценки риска ЧС заключается в том, что для оценки риска используется интегральный подход, при котором анализируются и рассчитываются оценки рисков по каждому элементу, каждому звену транспортно-логистической цепи, после чего рассчитывается оценка совокупного риска. Экспериментальное внедрение методики показало её эффективность.

3. На основе использования теории Марковских процессов разработана методика расчета прогностических оценок состояния системы «природа - морское судно», вероятности отказов технических средств (в частности главного двигателя судна) и рисков ЧС, что позволяет ещё на этапе проектирования выполнения рейса морского судна разработать мероприятия по снижению риска отказов или минимизации их последствий.

4. Представлен комплекс задач по управлению безопасностью и комплекс организационно-технических мероприятий по предупреждению ЧС и снижению уровня риска ЧС, который является реальным инструментом контроля не только на этапе проектирования, но и на этапе реализации управления.

5. Разработана структурная модель системы управления рисками ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках, основное отличие которой от ранее известных заключается в том, что в данной модели используются методы анализа и прогнозирования рисков отказа технических средств, интегральной оценки риска ЧС, разработка организационно-технических мероприятий по предупреждению ЧС и поиск вариативных решений.

6. Разработана блок-схема проектирования ТЛС мультимодальной грузоперевозки с учетом факторов риска, где дополнительно к основным этапам проектирования были добавлены операции по расчету прогностической оценки риска ЧС, расчету интегральной оценки риска по каждому альтернативному маршруту, оценке альтернативных вариантов по критериям минимизации и т.д.

7. Разработаны критерии эффективности и безопасности системы доставки грузов, что в совокупности с учетом интегральной оценки риска позволяет выбрать оптимальный/рациональный вариант ТЛС доставки грузов по нескольким критериям. Предложены методы решения многокритериальной задачи оценки безопасности и эффективности ТЛС на основе использования методов свертки критериев и ранжирования по приоритетам.

8. Предложена методика прогнозирования рисков возникновения и развития ЧС в море, в основу которых положены методы построения сценариев развития ЧС и дерево отказов, что позволяет рассчитывать прогностические оценки вероятности возникновения ЧС, которые отражают динамику развития ЧС в мореплавании. Практическое применение методики прогнози-

вания рисков возникновения ЧС представлено на примере посадки судна m/v «JHON N» на мель.

Произведён расчёт оценки ущерба возникновения ЧС на транспорте, который показал, что подобные расчеты необходимо проводить в каждом конкретном случае. Необходимо отметить, что те мероприятия, которые способствуют снижению риска – все эффективны. И когда речь идет о безопасности, в особенности, если это касается человеческих жизней, нет смысла говорить о стоимости на проведение организационно-технических мероприятий.

9. Результаты работы внедрены в практику управления рисками морских и мультимодальных грузоперевозок компании ООО «ТЕССА» и СЗБФ ФГУП «Росморпорт» и в учебный процесс.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

а) научные статьи, опубликованные в ведущих российских периодических изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Фаустова О.Г. Критерии эффективности и безопасности транспортно-логистической системы доставки грузов/ О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Эксплуатация морского транспорта. – Вып. 4(62). – Санкт-Петербург: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2010. – С. 10-13.

2. Фаустова О.Г. Повышение безопасности перевозок на основе оценки рисков // Эксплуатация водного транспорта. – Вып.1(63). – Санкт-Петербург: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2011. – С. 27-32.

3. Фаустова О.Г. Методологические основы формирования готовности морских специалистов к управлению риском чрезвычайных ситуаций/ О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Известия БГАРФ. – Вып. 4(22). – Калининград: БГАРФ, 2012. – С.71-77.

4. Фаустова О.Г. Методика оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в мультимодальных перевозках // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Вып. 1. – Астрахань: АГТУ, 2014. – С.109-116.

5. Мойсеенко С. С. Дифференциально-интегральный подход к моделированию процессов развития аварийных ситуаций в мореплавании и океаническом рыболовстве/ С.С. Мойсеенко, О.Г. Фаустова, В.П. Скрыпник // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адм. С.О. Макарова. – Выпуск 4(26). – Санкт-Петербург: Государственный университет морского и речного флота имени адм. С.О. Макарова, 2014. – С.47-54.

б) научные статьи, опубликованные в российских и региональных периодических изданиях, вузовских журналах и сборниках:

6. Фаустова О.Г. Имитационные модели в проектировании мультимодальных перевозок и управлении ими// Организация и технология морских перевозок грузов: Сборник научных трудов. – Вып. 63. – Калининград: БГАРФ, 2009. – С. 145-155.

7. Фаустова О.Г. Расчет прогностических оценок системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна/ О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012: Материалы Международной научно-практической конференции: Сборник научных трудов SWorld. – Вып. 3. – Одесса: Куприенко, 2012. – С.43-48.

в) научные статьи, опубликованные в материалах научных, научно-практических, международных и всероссийских конференций:

8. Фаустова О.Г. Методы оптимизации планирования мультимодальных перевозок в транспортно-логистических системах // Инновации в науке и образовании: Труды V Международной научной конференции (23-25 октября 2007 г.). – Калининград: КГТУ, 2007. – С.211-214.

9. Фаустова О.Г. Имитационные методы в построении мультимодальных транспортных логистических систем // Инновации в науке и образовании: Труды V Международной научной конференции (23-25 октября 2007 г.). – Калининград: КГТУ, 2007. – С.214-217.

10. Фаустова О.Г. Мультимодальные перевозки и перспективы их развития // Управление безопасностью мореплавания и подготовка морских специалистов SSN 2007: Материалы шестой международной конференции (9-11 октября 2007 г.). – Калининград: БГАРФ, 2007. – С. 282-285.

11. Фаустова О.Г. Анализ возможности применения модульного принципа при синтезе системы доставки грузов // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы IX Межвузовской научно-технической конференции аспирантов, соискателей и докторантов. – Калининград: БГАРФ, 2009. – С. 56-61.

12. Фаустова О.Г. Оптимальное распределение судов по направлениям грузоперевозок/ О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы X Межвузовской научно-технической конференции аспирантов, соискателей и докторантов (12-13 ноября 2009 г.). – Калининград: БГАРФ, 2010. – С.138-142.

13. Фаустова О.Г. Транспортно-логистическое обслуживание стационарных грузопотоков мультимодальных грузоперевозок // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы X Межвузовской научно-технической конференции аспирантов, соискателей и докторантов (12-13 ноября 2009 г.). – Калининград: БГАРФ, 2010. – С. 143-146.

14. Фаустова О.Г. Проектирование и оптимизация транспортно-логистических схем грузоперевозок в регионе Балтийского моря // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах региона Балтийского моря: Материалы VII Международной конференции (19-21 мая 2009 г.). – Калининград: БГАРФ, 2010. – С. 226-230.

15. Фаустова О.Г. Формирование системы управления рисками ЧС в мультимодальных грузоперевозках/ О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы XIII Межвузовской научно-технической конференции аспирантов, докторантов, соискателей и магистрантов (19-26 октября 2012 г.). – Калининград: БГАРФ, 2013. – С. 44-50.

16. Мейлер Л.Е. Prognostic Estimation of Ship Stability in Extreme Navigation Conditions (Статья на английском языке)/ Л.Е. Мейлер, О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Proceedings of the International Symposium TransNav 2013. – Marine navigation and safety of Sea Transportation. Maritime Transport and Shipping, Gdynia, Poland, June 2013. – pp. 271-276.

17. Мейлер Л.Е. Анализ проблемы оценки рисков в промышленном рыболовстве/ Л.Е. Мейлер, В.А. Бондарев, О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // II Балтийский морской форум: Материалы Международного форума (26-30 мая 2014 г.). – Калининград: БГАРФ, 2014. – С. 269-278.

Фаустова Оксана Григорьевна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ
И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 21.04.2016 г.

Формат 60x90 1/16.

Печать офсетная. Объем – 1,2 усл. печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ 1074.

Издательство БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
236029, г. Калининград, ул. Молодежная, 6