

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

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)»

Диссертация на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук,
доктор педагогических наук, профессор
Мойсеенко С.С.

Калининград - 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1 Анализ проблем повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.....	11
1.1 Современное состояние вопросов обеспечения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.....	11
1.2 Анализ аварийности на транспорте.....	20
1.3 Причинно-следственные связи аварийности и чрезвычайных ситуаций на транспорте.....	39
Выводы по первой главе	56
Глава 2 Методика интегральной оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках.....	58
2.1 Систематизация факторов риска возникновения чрезвычайных ситуаций в морских грузоперевозках и методы ранжирования оценки риска	58
2.2 Методика формирования интегральной оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках.....	82
2.3 Расчет количественных показателей интегральных оценок рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках.....	90
Выводы по второй главе.....	98
Глава 3 Методы и модели управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках.....	100
3.1 Модель и структура комплекса задач управления рисками в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок.....	100
3.2 Алгоритм проектирования транспортно-логистических систем морских и мультимодальных грузоперевозок с учетом факторов риска возникновения чрезвычайных ситуаций	107
3.3 Критерии оценки эффективности и безопасности	

транспортно-логистических систем морских и мультимодальных грузоперевозок.....	117
3.4 Методологические основы формирования готовности морских специалистов к управлению риском чрезвычайных ситуаций.....	126
Выводы по третьей главе	132
Глава 4 Методологические основы прогнозирования рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии).....	134
4.1 Расчет прогностических оценок состояния системы «природа - морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна.....	134
4.2 Дифференциально-интегральный подход к моделированию процессов развития аварийных ситуаций в мореплавании (в морской индустрии).....	137
4.3 Прогнозирование рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии).....	144
4.4 Оценка ущерба при возникновении чрезвычайной ситуации на транспорте.....	156
Выводы по четвёртой главе.....	165
Заключение.....	166
Список использованной литературы.....	169
Приложение А Алгоритм решения задачи расчета прогностических оценок рисков чрезвычайных ситуаций состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна.....	183
Приложение Б Методика по снятию судна с мели.....	194
Приложение В Акт и справки о внедрении результатов диссертационного исследования.....	201

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Обеспечение безопасности на транспорте является одной из приоритетных задач. Поскольку возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) в процессе перемещения грузов/пассажигов во времени и пространстве происходит вследствие негативного воздействия различной природы факторов, актуальной является задача упреждения их воздействия или снижения их негативного влияния. В процесс мультимодальных перевозок вовлечены, как правило, несколько видов транспорта, технологических линий, средств малой механизации, специалистов различных направлений. Для выполнения перевозок необходимо реализовать многие виды деятельности, среди которых важное значение имеет проектирование транспортно-логистических систем (ТЛС) доставки грузов. Важным разделом проектов ТЛС является проработка вопросов обеспечения безопасности.

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. Международная морская организация (ИМО) разработала комплекс документов и рекомендаций в части обеспечения безопасности (Международный кодекс управления безопасностью – МКУБ, Формальная оценка безопасности 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 мультимодальных перевозок показывает, что планирование перевозки и её подготовка решаются традиционными методами, при разработке ТЛС вопросы оценки и управления рисками должного научного обеспечения не получили.

Транспорт, являющийся, как известно, источником повышенной опасности, находится в центре внимания ученых, специалистов, политиков и общественности. В настоящее время, как на уровне национальных правовых

актов, так и международных соглашений, рекомендуется увеличить расходы на решение задач качественного видоизменения транспортных систем, что позволило бы повысить уровень их безопасности [1].

В Российской Федерации для повышения уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций [3; 7] 1 августа 2012 года был введен ГОСТ Р 54505-2011 «Управление рисками на железнодорожном транспорте» [8], регламентирующий общие подходы к управлению рисками на железнодорожном транспорте. 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» [33; 115].

Степень разработанности темы. Вопросам повышения безопасности морских и мультимодальных перевозок посвящены исследования многих ведущих отечественных и зарубежных ученых: В.А. Абчука, В.А. Акимова, К.В. Балдина, О.А. Бендер, А.Н. Елохина, В.А. Владимирова, В.А. Логиновского, С.С. Мойсеенко, Н.А. Решетова, В.П. Топалова, В.Г. Торского, В.А. Туркина, Н.В. Хохлова, Svein Kristiansen, R. Gabruk, M. Tsymbal, J. Pawelski, A.Bak, L.Gusma, V.P. Prokhnich и других авторов, которые внесли существенный вклад в разработку методологических основ и методов управления рисками в промышленности и на различных видах транспорта [14; 19; 48; 65; 85].

Однако, как показывает анализ выполненных исследований и практики в области обеспечения безопасности на транспорте, научные основы оценки и управления рисками на транспорте разработаны недостаточно полно. Так, остаются мало разработанными методы комплексной оценки рисков возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках, оценки

безопасности и эффективности проектов ТЛС мультимодальных грузоперевозок по критериям риска.

В этой связи разработка методики интегральной оценки риска ЧС и управления рисками возникновения ЧС в морских и мультимодальных грузоперевозках является актуальной. При этом риск должен оцениваться не только при нормальных условиях выполнения перевозок, но и в случае аварий, что является обязательным условием при выборе методов и средств для минимизации ущерба и негативных последствий аварий и катастроф. Следует признать, что на сегодняшний день методологические основы и практико-ориентированные задачи оценки и управления рисками в морских и мультимодальных грузоперевозках разработаны недостаточно, и дальнейшие исследования в этой области актуальны и жизненно необходимы.

Таким образом, существует противоречие между требованиями социума – повышения безопасности на транспорте и в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок, с одной стороны, и недостаточной разработанностью научного и методического инструментария управления рисками.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования состоит в разработке, развитии и совершенствовании методики интегральной оценки рисков и способов управления ими в ЧС для повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить и систематизировать структуру факторов риска чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках;
- разработать методические подходы к оценке риска и прогнозированию возникновения ЧС в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок;
- разработать методику интегральной оценки рисков ЧС, критерии оценки эффективности и безопасности ТЛС морских и мультимодальных грузоперевозок;

- разработать алгоритм проектирования ТЛС мультимодальных грузоперевозок с учетом факторов риска и модель управления рисками в морских и мультимодальных грузоперевозках;

- разработать методические основы прогнозирования рисков возникновения ЧС, динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии) и расчета ущерба.

Объектом исследования являются транспортные процессы и организация морских и мультимодальных грузоперевозок.

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, исследования операций (ИСО), теории вероятности, методы математической статистики и экспертных оценок.

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

- разработана методика интегральной оценки риска ЧС и расчета прогностических оценок вероятности отказов технических средств, которые позволяют 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;

- разработана 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 на раннем этапе проектирования и затем в процессе организации перевозок грузов оценить проект ТЛС на эффективность, и в случае, неэффективности проекта, разработать

мероприятия по минимизации рисков и транспортных издержек и предупреждению ЧС;

- 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, критерии оценки эффективности и безопасности ТЛС доставки грузов, что позволяет выбрать оптимальный вариант ТЛС по нескольким критериям;

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

Разработанная методика интегральной оценки рисков и модель управления рисками ЧС отличаются от ранее известных комплексностью и многокритериальностью, что развивает прикладные направления теории рисков в морской индустрии и представляет **теоретическую значимость**.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что использование методики интегральной оценки рисков возникновения ЧС позволяет уже на раннем этапе 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.

Степень достоверности 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.

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 грузоперевозок с учетом факторов риска ЧС, критерии эффективности и безопасности ТЛС.

3. 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.

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.).

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.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 печатных трудов, из них 5 - в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка 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 принадлежит иностранным авторам.

1 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

1.1 Современное состояние вопросов обеспечения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок

Транспорт оказывает огромное влияние на развитие производственной и строительной отраслей, торговли и управления недвижимостью, сельского хозяйства и науки, а также целого ряда других отраслей, устойчивое развитие которых зависит от наличия надежного и дешевого транспорта.

Сегодня как никогда актуальны проблемы безопасности. Именно поэтому на федеральном уровне разрабатываются законодательные акты, определяющие правовые основы безопасности грузоперевозок на всех видах транспорта, а также деятельности человека. В многочисленных исследованиях, посвященных надежности и безопасности грузоперевозок отмечается, что безопасность является специфическим свойством технологических процессов, которое не следует смешивать со свойством надежности [1; 2; 7]. Особенности управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера предусмотрены федеральным законом №68-ФЗ от 21 декабря 1994 года «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [3].

В последнее время, как в России, так и во многих зарубежных странах вызывает тревогу все возрастающее число техногенных аварий и стихийных бедствий. Развитие транспорта в последние годы осуществлялось в соответствии с отдельными целевыми федеральными и отраслевыми программами, однако эти программы, разработанные без должной увязки друг с другом, ориентированные в основном на федеральный бюджет и не обеспеченные ресурсами, выполнялись с большим отставанием. Федеральная Целевая Программа (ФЦП) «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» разработана в

целях снижения рисков и смягчения последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий в Российской Федерации для повышения уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций [13]. 1 августа 2012 года был введен ГОСТ Р 54505-2011 «Управление рисками на железнодорожном транспорте», который устанавливает общий подход и общие правила управления рисками на железнодорожном транспорте, связанными с функциональной безопасностью объектов инфраструктуры и подвижного состава [8]. Применительно к морскому транспорту с недавних пор в деятельности ряда классификационных обществ и крупных судоходных компаний применяется 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»[33].

Проблемы безопасности грузоперевозок на транспорте рассматривались в работах многих отечественных и зарубежных ученых. Так, например, в работах В.Г. Торского, В.П. Топалова «Риски в судоходстве» [85] и Абчука В.А. «Риски в бизнесе, менеджменте и маркетинге» [14] рассмотрены некоторые методические подходы к управлению рисками и возможность их применения для решения практических задач в области мореплавания. Мастрюков Б.С. в работе «Безопасность в ЧС» [55] рассматривает проблемы возникновения природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, акцентируя особое внимание на их предупреждение и ликвидацию последствий в условиях мирного и военного времени. Вопросы государственного регулирования в области защиты населения и территорий от ЧС рассматриваются в работах [1; 3; 4; 5; 50; 53; 64].

В работах А. Ильина «Школа выживания при авариях и стихийных бедствиях» [36] и Александрова М.Н. «Безопасность человека на море» [17] рассматривают вопросы развития транспорта, методы защиты людей при возникновении ЧС.

В работе Ю.В. Буралева «Безопасность жизнедеятельности на транспорте» [24] исследуются общие вопросы и проблемы безопасности в системе «природа-человек-общество», учитывающие влияние природных, производственных и социальных факторов на условия охраны труда. Рассмотрены вопросы организации охраны труда, а также проведен анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на производственные и транспортные процессы.

Однако в этих работах вопросы оценки и управления рисками возникновения ЧС в мультимодальных перевозках не рассматриваются или рассмотрены частично.

Анализ проблем безопасности морских грузоперевозок показывает, что уровень аварийности морского флота остается высоким [65], особое беспокойство вызывает высокий уровень риска гибели судов, что обусловлено многими факторами природного, техногенного и организационно - управленческого характера. Однако в практике мореплавания вопросам количественной оценки рисков и управлению рисками не уделяется должного внимания.

С принятием в 1993 г. Резолюции ИМО А.741 Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения (МКУБ – ISM CODE) и обязательным ее применением согласно гл. IX Конвенции СОЛАС проблемы обеспечения безопасности морских судов стали первоочередными [10; 11]. Однако ни в отмеченном документе, ни в других резолюциях ИМО не указывается, как следует понимать термин «безопасность». У каждого автора публикаций по данной проблеме существует свое представление об этом термине. Многообразие толкований и смешение понятий «безопасность», «надежность», «риск» затрудняют разработку практических рекомендаций, направленных на повышение безопасной эксплуатации судов.

Для решения указанной проблемы предлагается использовать следующее определение: «Безопасность в ЧС – это защищенность людей, производственных и социальных объектов, среды обитания человека и всего живого от возникновения опасностей для жизни и экономического ущерба» [7]. Принято различать безопасность по виду происхождения или по принадлежности:

производственная/промышленная, химическая, радиационная, пожарная, сейсмическая, экологическая, биологическая и др. Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это состояние территории или объектов после происшедшей аварии/катастрофы, непреодолимых сил природы. Аварии/катастрофы часто сопровождаются причинением травматизма и гибелью людей, большим материальным ущербом. Всеобъемлющее определение понятия ЧС приводится в Государственном Стандарте Российской Федерации (ГОСТ Р 22.0.02-94 – Термины и определения) [7].

В настоящее время проблема управления рисками и их оценка в различных областях, в частности, в мореплавании является актуальной, ей посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов. В частности, в работе [128] рассматриваются все аспекты рисков и безопасности в мореплавании: инженерные и эксплуатационные, требования безопасности, а также страхование и расследование несчастных случаев. Согласно исследованию [120], так называемые навигационные риски представляют собой совокупность вероятности возникновения отказа техники и последствий, которые это может вызвать. Человеческий фактор в мореплавании был исследован применительно к анализу рисков [127]. Анализ проблем обеспечения безопасности морских грузоперевозок, а также методы и модели оценки рисков приведены в работах [37; 65], где рассматриваются как организационные аспекты обеспечения безопасности в морских перевозках различных грузов, так и управление рисками.

Несмотря на большое количество публикаций по результатам исследований рисков в мореплавании и идентичные во многом подходы, можно утверждать, что в настоящее время отсутствует универсальное общепринятое определение риска. В частности, риск рассматривается [125] как комбинация вероятности возникновения нежелательного события и степени возможных последствий или условие, при котором возможно такое нежелательное событие и тяжесть его последствий. В случае определения безопасности как независимости от неприемлемого риска, её взаимосвязь с риском используется для описания степени независимости от опасности [128].

Международная морская организация ИМО [119] определяет риск, как *сочетание частоты и тяжести последствий*, т.е. формулируются две составляющие вероятности: вероятность возникновения и вероятность тяжести непредсказуемых или предсказуемых последствий. В п. 1.2.2.2 Международного кодекса по управлению безопасностью (МКУБ) отмечается следующее: *«Цели управления безопасностью компании преследуют < ... > установление защиты от всех выявленных рисков»*. Стандарт ISO8402:1995/BS 4778 определяет управление рисками, включающее также и оценку морского риска, следующим образом: *«Процесс, посредством которого принимаются решения: допустим ли известный или оценённый риск и / или необходимо ли осуществить меры по сокращению вероятности возникновения риска и его последствий»*. Правила МКУБ [120] дают наиболее приемлемое определение риска для мореплавания и для большинства отраслей промышленности, а именно: *«Сочетание вероятности или частоты возникновения определённой опасности и возможной величины негативных последствий»*.

В связи с ранее изложенным, важным моментом является оценка риска, его допустимых пределов, т. е. всесторонняя оценка вероятности и степени возможных последствий аварийных ситуаций для того, чтобы выбрать подходящие меры обеспечения безопасности [125]. Одним из способов, с помощью которых можно контролировать и минимизировать риски, является формальная оценка безопасности [33], которая определяется как *«рациональный и систематический процесс оценки рисков, связанных с судоходством, и оценки издержек и выгод, связанных с сокращением рисков»*. Руководство по методологии применения FSA было утверждено ИМО в 2002 г. (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392), с поправками согласно циркуляру MSC/Circ.1180-MEPC/Circ.474 and MSC-MEPC.2/Circ.5 [119]. Однако FSA имеет некоторые ограничения, главным из которых является то, что «издержки и выгоды», определённые по данной методологии, рассматриваются в частичном и очень общем виде [126]. Например, с точки зрения критерия эффективности затрат,

методология FSA не рассматривает источник оплаты за устранение выявленного риска [135].

Приведённый в Правилах и руководстве по внедрению МКУБ [120] «оценитель риска» (*Risk Estimator*) даёт матричную (качественную) характеристику вероятности риска и его последствий. Однако наряду с такой оценкой, необходимо иметь и количественную, в частности, финансовую, оценку последствий, т. е. приемлемости риска.

Требования к конструкции и оборудованию, с точки зрения обеспечения безопасности рыболовных судов и экипажей, приведены в Кодексе безопасности рыбаков и рыболовных судов [115].

Предполагается, что оценка рисков для таких судов должна проводиться в соответствии с ранее указанными нормативными документами. Однако рыболовство как вид мореплавания имеет специфическую проблему оценки рисков. Не случайно, в публикации [123] отмечается, что коммерческое рыболовство является одним из наименее безопасных видов деятельности, а вероятность полной потери судна и ожидаемое количество погибших членов экипажа обратно пропорциональны цене вылова рыбы. Данное объясняется особенностями процесса промысла и транспортировки сырья из районов промысла, который заключается в том, что все операции выполняются в условиях воздействия многих внутренних и внешних негативных факторов. В связи с этим задача оценки и управления рисками в рыболовстве является особенно актуальной.

Согласно модели вероятности аварии рыболовного судна в промысловых районах [122], средние суда имеют наиболее высокую вероятность возникновения несчастных случаев, в отличие от небольших судов, имеющих низкую вероятность. Предложенная вероятностная модель позволяет осуществлять количественную оценку безопасности в промышленном рыболовстве. Также можно отметить современный подход к разработанной политике безопасности в рыболовстве [130], предполагающий создание правовой базы — жизненно важного предварительного условия для осуществления мер, направленных на

повышение безопасности рыболовных судов. Возникновение рисков в рыболовстве и управление ими являлось предметом недавних исследований учёных и специалистов стран Балтийского моря.

Несмотря на большое количество исследований по безопасности рыболовных судов, можно констатировать, что проблема оценки и управления рисками в рыболовстве разработана недостаточно и является актуальной. На основе анализа аварийности рыбопромысловых судов определены причинно-следственные связи возникновения аварийных ситуаций и промысловых происшествий. Разработаны методы расчёта уровня прогнозируемого риска при различных сочетаниях негативных факторов внешней и внутренней среды. Поскольку на сегодняшний день статистические данные об аварийности рыболовных судов недостаточно полно отражают условия и причины возникновения аварийных ситуаций (часто не приводятся данные о числе судов, работающих в рассматриваемом районе и сезоне года), рассчитать количественные оценки рисков, используя стандартные статистические методы, невозможно. Для случаев неполной статистической информации предложен метод расчёта рисков на основе использования метода нечётких множеств / экспертных оценок и теории вероятностей.

В соответствии с ГОСТ Р 22.0.02 – 94 приняты следующие определения [7].

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Риск возникновения ЧС – вероятность или частота возникновения источника ЧС, определяемая соответствующими показателями риска.

Источник ЧС – опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть ЧС.

Безопасность в ЧС – состояние защищенности населения, объектов народного хозяйства и окружающей природной среды от опасностей в ЧС [7].

По своему происхождению ЧС классифицируются: ЧС техногенного характера, ЧС природного характера и ЧС экологического характера.

Техногенные ЧС классифицируются по типам аварий, которые являются источниками основных видов ЧС техногенного характера, и частично характеризуют также сферу и особенности проявления этих опасных событий. В диссертационной работе рассматривается один из основных и наиболее распространенных видов чрезвычайной техногенной ситуации – транспортные аварии (катастрофы).

Ежегодный объем перевозок в России составляет более 3,5 млрд. тонн грузов [65; 81]. В процессе перевозок происходит значительное число аварий, в том числе катастроф с человеческими жертвами причинением ущерба окружающей среде. Так, только за 2005 – 2013 годы на железнодорожном, воздушном и водном транспорте страны произошла (по разным данным) более 900 чрезвычайных ситуаций, в результате которых пострадали 3815 человек, из них погибли 2111 человек [21; 36; 45; 65]. Наибольшая доля трагических исходов и материального ущерба принадлежит автомобильному транспорту [84]. Причем аварийность автомобильного транспорта высока не только в России, но и в других странах. В результате аварий на автомобильном транспорте в мире погибает более 300 тысяч человек и около 8 миллионов человек получают ранения и увечья, в том числе в США – около 55 тысяч и 2 миллионов, в России – около 28 тысяч и более 255 тысяч соответственно [84; 85].

Целью государственной политики в области транспортной безопасности является обеспечение национальной безопасности, предотвращение вреда здоровью и жизни людей, ущерба имуществу и окружающей среде, экономического ущерба транспортной деятельности. Правительством РФ и Министерством транспорта РФ особое внимание уделяется мерам по повышению безопасности, предупреждению и страхованию рисков на транспорте. При этом учитываются все виды угроз: техногенного, природного и социального характера.

В 2007 году Государственной Думой Федерального собрания РФ одобрен и подписан Президентом РФ закон «О транспортной безопасности» (ФЗ № 16-ФЗ от 09.02.2007 г.), а также принят ряд других законов по проблемам безопасности [1].

Практическая реализация данного закона связана с необходимостью решения целого комплекса технических, технологических, организационно-экономических, методологических и финансовых проблем. С принятием Федерального Закона №16-ФЗ активизировалась работа по разработке и реализации мер, направленных на недопущение, либо минимизацию материального и морального ущерба от ЧС на транспорте.

Проблемами обеспечения безопасности мореплавания в международном масштабе занимается Международная морская организация (ИМО), которая имеет достаточно развитую инфраструктуру. Резолюция ИМО, несмотря на её рекомендательный статус, имеет характер безусловной разумности и поэтому должна учитываться при разработке нормативных документов, которые направлены на повышение уровня безопасности мореплавания морских подвижных объектов, но полностью исключить при этом возможные сбои, и, следовательно, появления ЧС нельзя. Возникновение ЧС не всегда заканчивается аварией, но предопределяет возможный аварийный исход и поэтому обязывает разрабатывать планы мероприятий (алгоритм действий) в чрезвычайных ситуациях [28; 34; 45; 85], например, действия капитана/экипажа в случае обесточивания судна, возникновения возгорания, появления течи и т.д.

Существенные недостатки имеет система управления на железнодорожном транспорте. Так, организация эксплуатации подвижного состава, работы терминалов, обеспечения безопасности перевозок не отвечает современным требованиям, что существенно снижает эффективность и уровень безопасности перевозок, повышение уровня взаимодействия с другими видами транспорта [53; 56; 65; 82; 86].

Для решения указанных проблем необходимо активизировать работу государственных и бизнес - структур по развитию транспортного комплекса страны и совершенствованию систем управления, в том числе управления

безопасностью и снижению рисков на транспорте. Особое внимание следует уделить вопросам повышения качества подготовки специалистов.

Одна из ключевых задач обеспечения функционирования транспортных комплексов – это развитие информационных технологий и научных методов управления, в том числе управления рисками. Информационное обеспечение должно строиться на принципах непрерывности и достаточности, охватывать все структуры (государственные и частные), вовлеченные в процесс перевозок [24; 28; 55].

1.2 Анализ аварийности на транспорте

Уровень аварийности судов мирового флота регистровым тоннажем более 500 тонн за последние 25 лет по данным Международного союза морских страховщиков (International Union of Marine Insurance – IUMI) постепенно снижается. Так, полные конструктивные потери морского флота [21; 28; 36; 64] составляли в среднем 220 судов – в 1980 году, 175 судов – в 1990 году, 140 – в 2000 году, 67 судов – в 2006 году, 62 судна в 2010 году.

Количество судов, получивших частично конструктивные разрушения, в 1998 году составило 228 единиц, а в 2006 году – 685 единиц, в 2010 году – 725 единиц. Таким образом, прослеживается следующая тенденция: количество полных конструктивных потерь судов уменьшается, а количество судов с частичными конструктивными потерями увеличивается.

Статистика IUMI показывает, что потери мирового флота составили около 0,5% от всего состава флота – в 1990 г., 0,3% - в 1996 г. и 0,1% - в 2006 г. Однако из этих же статистических данных следует, что количество крупных аварий с морскими судами за последние годы существенно возросло: 228 случаев в 1998 г. и 685 случаев в 2006 г. Основные виды аварий судов следующие: 35% - поломки (отказы) механизмов; 25% - посадка на мель; 22% - столкновения; 13% - пожары и взрывы на борту. Располагая данными о числе погибших судов, можно примерно определить количество аварий в мировом флоте по закону Хейндриха (в США на основе анализа 9500 промышленных аварий был выведен закон о

вероятности и прогнозировании аварий, который выражается соотношением – 10 – 19 – 300). Согласно этому закону, на 10 крупных аварий приходится 19 средних и 300 мелких. Вероятность аварий с крупным ущербом составляет 0,3%, со средним – 8,8%, с незначительными убытками – 90,9% [27; 28; 38].

В таблицах 1.1 и 1.2 приведены статистические данные по аварийности судов морского флота РФ за период 2002-2010 гг. и 2011-2012 гг. соответственно с указанием основных видов аварийных случаев (АС) [34; 65; 131; 132].

Таблица 1.1 - Состояние аварийности на морском транспорте за 2002-2010 гг.

Классификация АС	Годы								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Кораблекрушения	3	6	7	7	7	5	6	3	-
Аварии	4	1	4	1	3	2	1	4	54
Аварийные происшествия	55	35	37	58	64	68	65	54	-
Всего	62	42	48	66	74	75	72	61	54

В соответствии с [138] по всему миру за 2013 год было потеряно 94 крупнотоннажных судна. Основные потери были сосредоточены в основном на юге Китая и Юго-Восточной Азии. Более трети общих потерь в 2013 году было сосредоточено в таких морских регионах, как Южный Китай, Индонезия и Филиппины. За регионами с наибольшим количеством потерь судов (18), тесно следуют Япония, Корея и Северный Китай (17). Наиболее распространенной причиной потерь в 2013 году, а также за последние 12 лет, является затопление морских судов, что составляет почти три четверти всех потерь, в связи с плохими погодными условиями и существенным влиянием на управление неквалифицированного персонала. Было потеряно более трети грузовых судов (32), рыболовных (14) и балкеров (12).

В таблице 1.2 приведены статистические данные аварийных случаев за 2011-2012 годы на морском и речном транспорте более детально по видам аварий [137; 138].

Таблица 1.2 - Данные об аварийности на морском/речном транспорте РФ в 2011-2012 гг.

Классификация АС	Период		Увеличение (уменьшение)
	2011	2012	
Морской транспорт			
Всего аварийных случаев	55	25	-30 (-54,5%)
Очень серьезные аварии	1	2	+1
Аварии	54	23	-31
Количество травмированных при АС	3	-	-3
Количество погибших	54	10	-44
АС, повлекшие загрязнение окружающей среды	-	-	-
Речной транспорт			
Количество аварий	2	4	+2
Количество травмированных	-	-	-
Количество погибших	23	1	-122
ВСЕГО на водном транспорте (морской и речной)			
Всего аварий	57	29	-28 (-49,1%)
Количество травмированных	3	-	-3
Количество погибших	177	11	-166

Из таблицы 1.2 видно, что на водном транспорте в 2012 году количество аварийных случаев, по данным Госморречнадзора, в сравнении с 2011 годом уменьшилось на **49,1%** (в 2012 г. – **29** аварийных случаев; в 2011 г. – **57**), из них: **25** аварий произошли на морском и **4** аварии на речном транспорте.

В таблице 1.3 приведены показатели аварийности за 2011-2012гг. с указанием основных видов аварийных случаев [45; 47; 65; 131; 132].

Таблица 1.3 - Показатели аварийности судов на морском транспорте России по видам аварийных случаев за 2011-2012 гг.

Виды АС	Период (годы)		Тенденция «+» увеличение «-» уменьшение
	2011	2012	
1. Навигационные, всего из них:	32	21	-11
посадка на мель	12	8	-4
навал	7	5	-2
столкновения	7	2	-5
потеря остойчивости, плавучести	1	1	-
касание грунта	4	5	+1
Касание притопленного предмета	1	-	-1
намотка на гребной винт	-	-	-
2. Технические, всего из них:	19	4	-15
Повреждение главного двигателя	10	2	-8
повреждение вало- винтового комплекса	5	-	-5
повреждение вспомогательных механизмов	1	-	-1
повреждение корпуса	1	1	-
повреждение судовых устройств	-	-	-
взрывы, пожары	2	1	-1
3. Получение серьёзных телесных повреждений	3	-	-3
4. Гибель человека (случаев)	1	-	-1
5. Погибших человек в результате АС	54	10	-44

Окончание таблицы 1.3

Виды АС	Период (годы)		Тенденция «+» увеличение «-» уменьшение
	2011	2012	
6. Всего получивших тяжкие телесные повреждения	3	-	-3
ИТОГО	55	25	-30

Из таблицы 1.3 видно, что основная доля аварийности на морском транспорте приходится на навигационную аварийность (или аварийность навигационного характера) и составляет 84,0% от общей аварийности [13; 60; 103].

Анализ статистических данных по видам аварийности на морском транспорте за 2012 г. показывает, что навигационная аварийность с морскими судами сократилась на 34 %, что было обусловлено, в первую очередь, принятием эффективных мер со стороны органов государственного портового контроля и органов Госморречнадзора (в 2012 г. произошёл 21 навигационный АС, в 2011 г. – 32) [103; 121; 122].

Почти половина всех происшествий согласно таблице 1.3 в 2011-2012 гг. приходилась на посадки на мель —45 %. На втором месте навалы и столкновения — 33%. Среди других заметных происшествий — пожары (8%) и поломки машин и механизмов (6%) (см. рисунок 1.1).

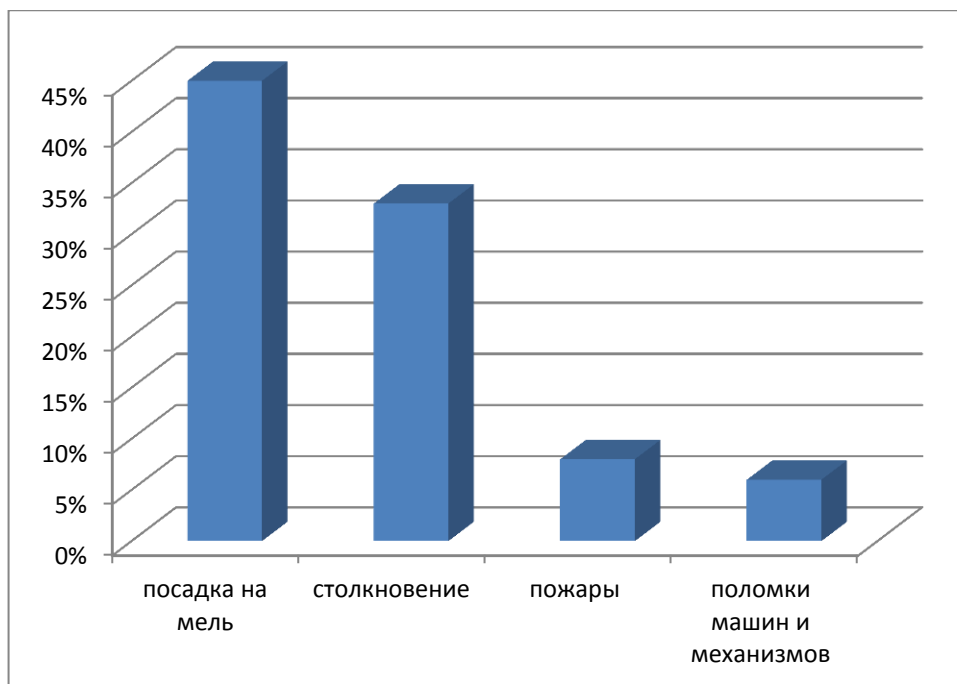


Рисунок 1.1 – Показатели аварийности российских судов за 2011-2012гг.

За последние 5 лет большинство происшествий с морскими судами приходится на юго-западную часть Балтийского моря. Основные типы судов, попавших в аварии, — это сухогрузы (55%), танкеры (13%) и паромы (20%). Доле этих типов судов в балтийском судоходстве. Самыми «опасными» оказались пассажирские суда — большей частью паромы. Занимая 10% в судоходстве, они достигли 20% по количеству происшествий (см. рисунок 1.2).

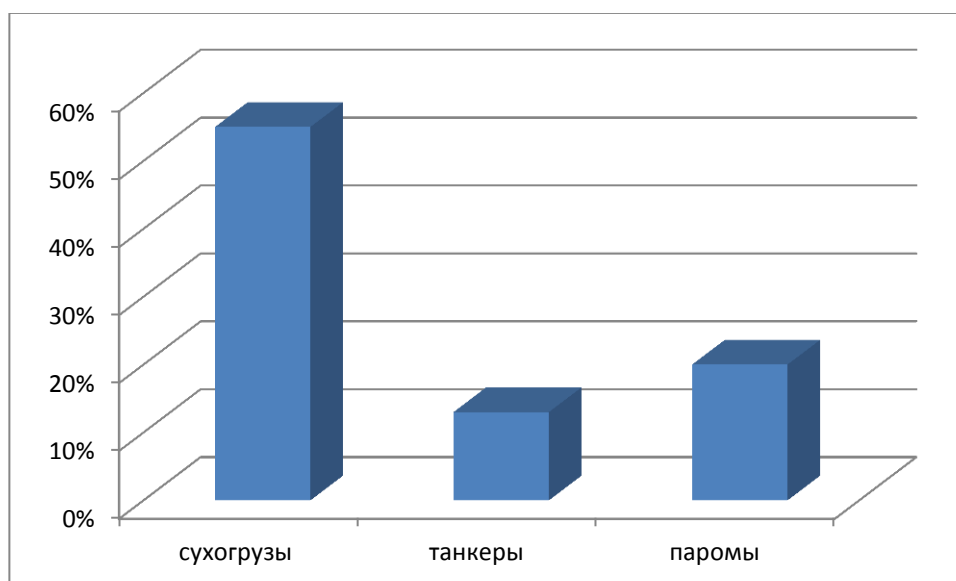


Рисунок 1.2 – Типы судов, попавших в аварию в водах Балтийского моря за 2010-2015гг.

В таблице 1.4 представлены показатели аварийности на море по видам аварийных случаев за январь-сентябрь 2014-2015гг.[137; 138].

Таблица 1.4 – Показатели аварийности судов морского флота России на море по видам АС за январь-сентябрь 2014-2015гг.

Виды АС	Январь-сентябрь 2014г.	Январь-сентябрь 2015г.
1.Навигационные, всего из них:	14	14
Посадка на мель	6	9
Навал	4	2
Столкновение	1	1
Потеря остойчивости, плавучести	-	2
Касание грунта	1	-
Касание притопленного предмета	1	-
Ледовые повреждение	1	-
2.Технико-эксплуатационные, всего из них:	16	20
Повреждение главного двигателя	6	11
Повреждение винто-рулевого комплекса	7	3
Повреждение корпуса	1	2
Повреждение судовых устройств и механизмов	-	-
Взрывы, пожары	2	4
3.Получение тяжкого вреда, причиненного здоровью в прямой связи с эксплуатацией судна	-	1
4.Гибель человека (всего случаев)	1	3
Всего погибших (человек)	2	72
Всего получивших тяжкий вред, причиненный здоровью в прямой связи с эксплуатацией судна (человек)	-	1
ИТОГО	32	38

Из таблицы 1.4 видно, что в январе-сентябре 2015 года на водном транспорте произошло аварий на 19,4 % больше чем за аналогичный период 2014 года (в 2015 г. — 38 аварии, в 2014 г. – 32). Всего погибло 72 человека, 1 человек получил тяжкое телесное повреждение. Все – члены экипажа [138].

Лидером причин аварий и происшествий остается человеческий фактор — по результатам расследований, на его долю приходится 32% случаев. Механические поломки и неисправности на втором месте — 20% (см. рисунок 1.3)

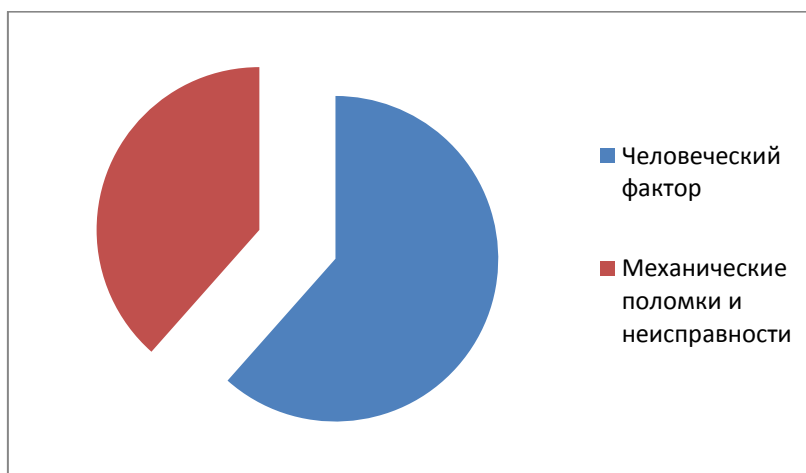


Рисунок 1.3 – Причины аварийности морских судов

Как уже говорилось выше, основная доля АС и ЧС происходит с морскими судами по причине посадки на мель. Иногда сложно разделить аварийные происшествия, связанные с посадкой на мель и действием шторма, так как в ряде случаев эти события совмещаются, и посадка на мель нередко происходит как раз в штормовую погоду, которая «помогает» судну сесть на мель. Но, если все же их попытаться разделить, то получается, что в рассмотренных случаях от «чистой» посадки на мель суда погибли в 49% случаев, от «чисто» штормового воздействия — в 40% и от совместных воздействий — в 11% (см. рисунок 1.4). Это разделение в какой-то мере условно, но оно может быть полезным, если учесть, что характер повреждений и причины гибели при этих воздействиях разные, так же как и различны причины самих аварий и возможные методы борьбы с ними.

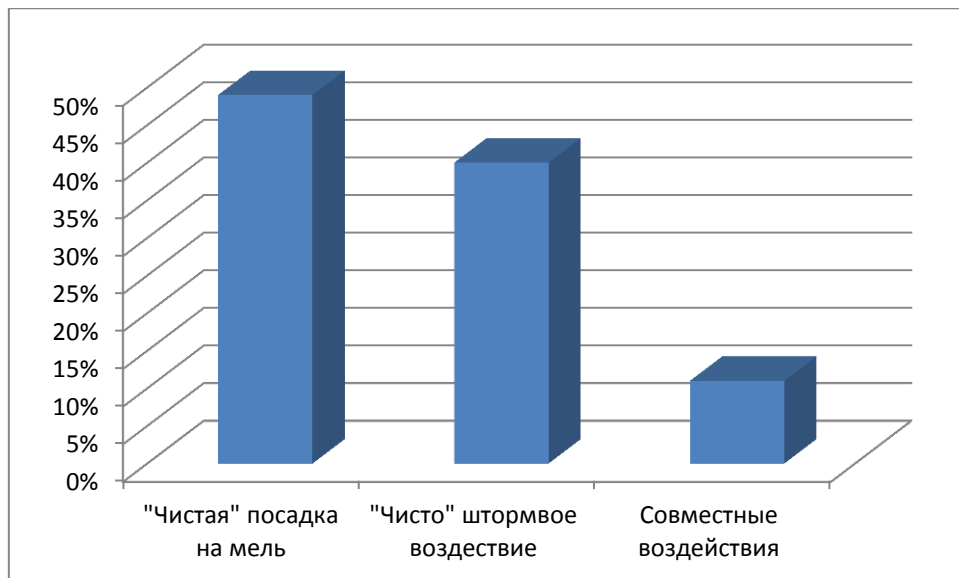


Рисунок 1.4 – Анализ посадки судна на мель

Среди погибших судов наибольшую долю занимают легкие суда (43%), примерно равное соотношение (по 27%) приходится на броненосные и вспомогательные суда, наконец, следуют боевые катера и минно-тральные корабли, на которые падает 3% случаев.

Случаи гибели кораблей от этих видов аварий имели место во флотах 16 стран. Относительная доля каждой из них: США — 34%, Англия — 30%, Франция — 10%, Япония — 4%, Италия и Германия — по 3%, остальные 10 стран — около 16% (см. рисунок 1.5).

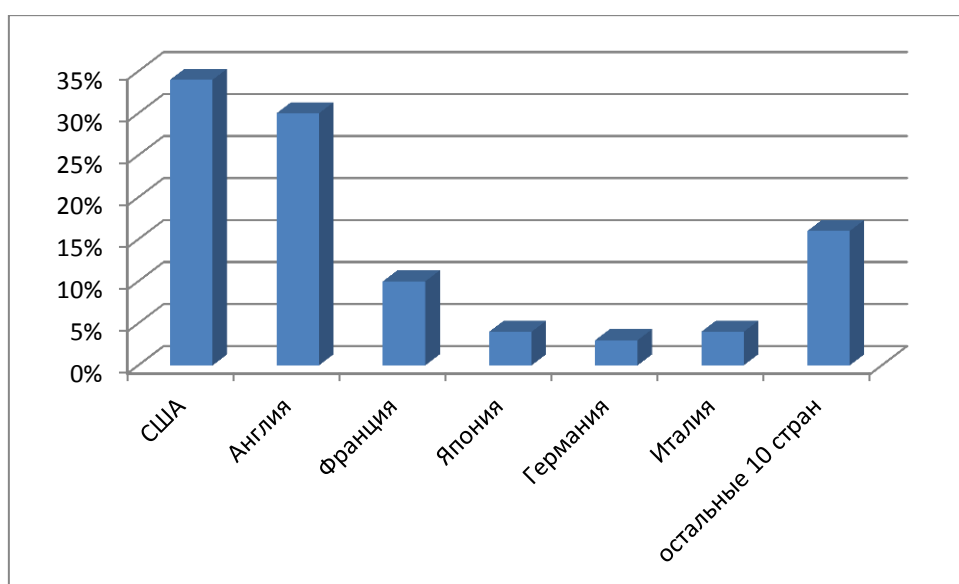


Рисунок 1.5 – Относительная доля гибели кораблей в странах мира

Паром «Amorella» следовавший из Турку в Стокгольм, сел на мель в Ботническом заливе Балтийского моря близ Аландских островов, на борту судно находилось 1945 человек и около 150 членов экипажа. 14 декабря 2013 года около часа дня в районе Аландских островов пассажирский паром потерял управление, сообщалось о проблемах с электроснабжением судна, которые предположительно стали причиной дрейфа: Amorella отклонилась от курса. Ситуацию осложнил сильный ветер, а двигатели парома не смогли справиться с течением, в результате носовая часть судна села на подводный камень (см. рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Посадка на мель судна «Amorella» в 2013 году в водах Балтийского моря

На мели лайнер немного накренился и дал течь. Некоторые пассажиры надели спасательные жилеты и перебрались на палубу. Однако эвакуация не потребовалась.

После проверки корпуса Amorella водолазами паром был снят с мели с помощью балластных цистерн. Паром собственным ходом отправился в Мариехамн и прибыл в столицу Аландских островов. В порту паром встал на якорь и его корпус проверили еще раз.

По словам исполнительного директора компании Viking Line Микаэла Бакмана, причиной аварии стал человеческий фактор - электрическое замыкание на пароме произошло из-за ремонтных работ в машинном отделении.

Самыми опасными местами в Балтийском море считаются проливы Дании и некоторые области вблизи Хельсинки. Самый опасный сценарий - это когда сталкивается танкер с пассажирским судном. Как показывает статистика, более половины всех несчастных случаев на море случается по вине человеческого фактора. Самая распространенная авария - это когда судно садится на мель.

Известны случаи посадки судна на мель, когда отсутствовал документально оформленный план перехода судном моря, и все действия по управлению судном, наблюдению и навигации вахтенный помощник капитана выполнял в одиночку. Капитан не участвовал в управлении судном, не общался с вахтенным помощником. Вахтенный помощник сосредоточился на визуальном наблюдении и не использовал навигационное оборудование мостика для контроля движения судна с момента изменения курса до посадки на мель. (см. рисунок 1.7).

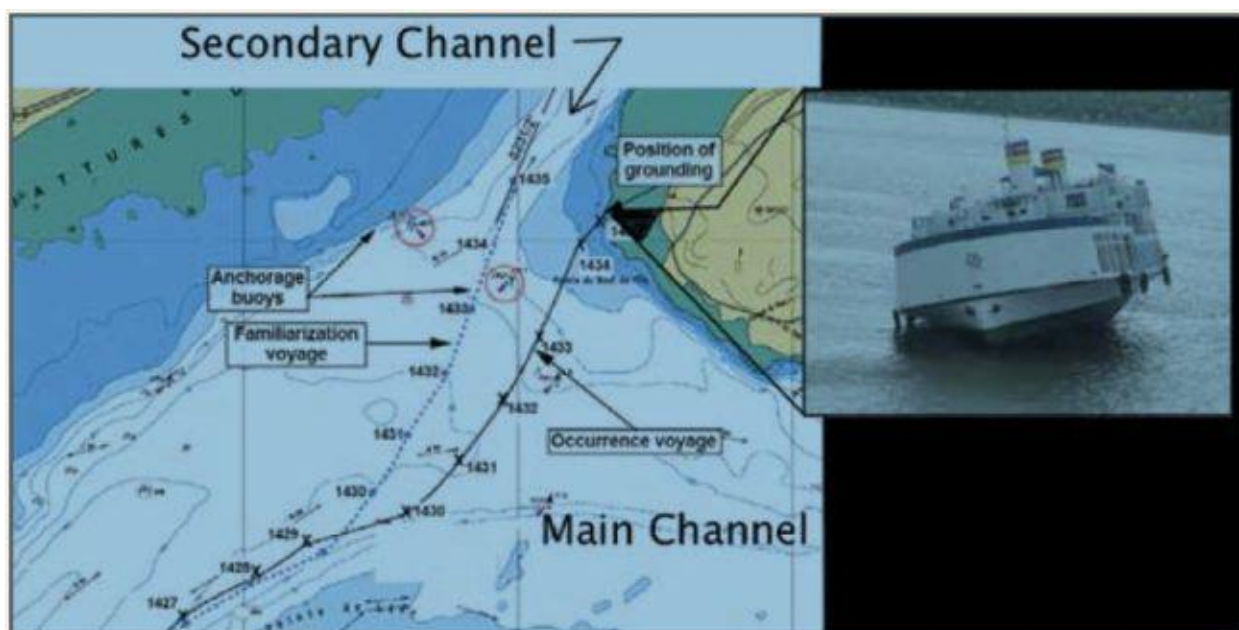


Рисунок 1.7 – Посадка судна на мель в результате изменения курса и бесконтрольного отношения со стороны капитана

Большинство происшествий на Балтике, к счастью, обходятся без разливов, но опасность не столько в статистической вероятности аварии, сколько в угрозе

разлива для экологии закрытого водоема. Из последних крупных случаев — разлив 2700 т нефтепродуктов судном «Baltic Carrier» в 2001 г. и 1200 т «Fu Shan Nai» в 2003 г. Балтийское море является одним из самых оживленных водных путей в мире, на его долю приходится более 15% мировых морских грузовых перевозок. В любой момент времени здесь находится в среднем 2 тыс. судов.

В настоящее время в водах Мирового океана одновременно находятся около 50% судов, а том числе: в водах Европы – 16%, Средиземноморья (включая Северо-Западную Африку) – 10%, в водах Южной Америки – 4%. Одновременно находится в море около 85% всего промыслового флота [65; 137].

География распределения судов в Мировом океане указывает на одну из существенных особенностей современного судоходства - исключительно высокую плотность судоходства в морях, омывающих берега Европы, Японии и стран Средиземноморья. В остальных районах интенсивность судоходства значительно ниже.

Распределение рыбопромыслового флота по районам промысла в Мировом океане имеет свои особенности и во многом зависит от сезонных миграций объектов промысла. Как правило, рыбопромысловые суда сосредоточиваются на небольших акваториях, где образуются промысловые скопления рыбы.

За последние 40 лет существенные изменения претерпел торговый флот. Развитие контейнерных перевозок, увеличение дедвейта балкеров, судов типа ро-ро сопровождается увеличением таких параметров, как водоизмещение, мощность главных двигателей, общая энергетическая мощность судов. Рост энергетической мощности и водоизмещения морских судов, а также судов рыбопромыслового флота сопровождается резким увеличением количества движения, а следовательно, и инерционности судов, что является существенным фактором, влияющим на безопасность мореплавания и ведения промысла на стесненных акваториях [65; 107].

Таким образом, рост вероятности возникновения аварийных случаев связан с повышением интенсивности судоходства и объема морских грузоперевозок, увеличением количества движения и инерционных характеристик судов.

Условия работы морского флота сопряжены с рисками возникновения ЧС, причинами которых являются природный, технический, технологический и человеческий факторы. Вопросам повышения безопасности мореплавания уделяется большое внимание, однако, несмотря на технико-технологическое совершенствование флота и его инфраструктуры, уровень аварийности остается достаточно высоким.

Риск возникновения аварийной ситуации может быть вызван многими причинами, как техногенного, так и профессионального характера. Последнее включает ошибочные оценки оператором ситуации на море и, как следствие, неверные решения. Техногенные причины – это отказы, например, рулевого управления, дистанционного пуска главного двигателя, обесточивания судна и др. [65].

В зависимости от обстоятельств причины морских происшествий можно разделить на следующие основные группы:

- гидрометеорологические (вызванные штормами, ограниченной видимостью, плавающим льдом);
- организационно-управленческие (некачественная подготовка судов к выходу в море, ошибки судоводителей, лоцманов, в том числе в районах активного судоходства);
- столкновение с неизвестными предметами;
- маневрирование на ограниченном пространстве (в порту, в районах якорных стоянок, на рейде);
- технико-технологические (отказы технических средств, нарушение технологий перевозок, смещение груза, его самовозгорание и взрыв).

К числу наиболее тяжелых последствий аварий, следствием которых является гибель судна и/или потеря/порча груза, являются повреждение корпуса судна и последующее его затопление, столкновения судов, посадка на мель, смещение груза, пожары и т.д.

Аварии на водном транспорте можно объединить в группы по совокупности свойств, определяющих их первопричину [14; 27; 38; 65; 107].

Навигационные аварии это аварии, связанные с использованием самого судна как транспортного объекта, совершающего рейсы между различными портами. К этому виду аварий относят посадку судна на мель; столкновение судов; опрокидывание и затопление судна. Возникновение навигационных аварий чаще связано с ошибками операторов и реже по причине отказа технических средств.

Аварии технического характера связаны с эксплуатацией судовых машин и механизмов. Ошибки операторов, эксплуатирующих судовые машины и механизмы, нарушение правил технической эксплуатации судовых устройств, систем, корпуса судна могут стать первопричиной возникновения аварийной ситуации, аварии, кораблекрушения [38; 65; 85].

Аварии технологического характера определяются специализацией судов: перевозка навалочных грузов, контейнеров, лесных грузов, нефти и нефтепродуктов; добыча биоресурсов Мирового океана; добыча нефти на морских шельфах; суда обслуживания (ледоколы, морские и портовые буксиры, пассажирские суда).

Суда, перевозящие палубные грузы или навалочные грузы, подвергаются опасности смещения груза и вероятного опрокидывания – это и есть авария технологического характера. Такая авария становится возможной вследствие нарушений технологии перевозки грузов (нарушение технологии укладки и крепления груза, ошибки в расчетах), а также вследствие действия непреодолимых сил природы. Непреодолимые силы природы – это подводные землетрясения и цунами, тропические циклоны, торнадо. Все это принято относить к форс-мажорным обстоятельствам.

В последние десятилетия все чаще случаются аварии экологического характера, сопровождающиеся нанесением вреда окружающей природе. Это – разлив топлива и других нефтепродуктов, сброс в воду токсичных отходов производства, отравляющих веществ.

С развитием средств связи и электроники, различных информационных систем возможны аварии эргономического характера, которые обусловлены

сбоем в работе систем управления транспортным средством (судном, самолетом, поездом, автомобилем). Причинами сбоев могут быть технические недостатки и намеренные воздействия на систему внешних объектов.

Анализируя аварийные случаи, можно отметить, что одной из существенных причин происшествий является человеческий фактор. Причинами аварий послужили некомпетентность и несоблюдение нормативно-технических требований, пренебрежение метеорологическими прогнозами и штормовым предупреждением, грубые нарушения МППСС– 72, неудовлетворительная организация ходовой вахты в условиях ограниченной видимости, неправильное использование РЛС и многое другое [17; 21; 65].

В 1999 году резолюцией ИМО А.849 (20) принимается “Кодекс по расследованию морских аварий и инцидентов”. Этот Кодекс был необходим для выявления основных причин аварийности. И вот, следуя логике последовательности появления “руководящих документов”, основная причина аварий была найдена – это человеческий фактор, который является одним из серьезных факторов риска ЧС [9].

Человеческий фактор в мореплавании – это, прежде всего позитивное или негативное влияние на протекающие процессы, например судовождения. Поскольку судоводитель (оператор) является человеком, то и «все человеческое ему не чуждо» (устойчива/неустойчива психика, болезни, условия труда и отдыха). Но решающим элементом является уровень профессиональной подготовки [47; 65; 68], «быстрый ум» (умение быстро ориентироваться в ситуации, анализировать и принимать лучшее решение).

Анализ аварийности на флоте показывает, что основной причиной аварий является человеческий фактор. Так примерно в 80% случаев аварий и аварийных происшествий первопричиной явились ошибочные решения/действия судовых специалистов (капитанов, штурманов, механиков). Причиной неверных решений может оказаться как недостаточный уровень профессионализма, так и неверная оценка информации (или недостаток информации) о состоянии объекта управления и внешней среды [16; 24; 51; 65].

Наиболее часто возникновение ЧС связано с **посадкой судов на мель**. Так в мире по данным, приведенным в работе [14; 65; 71; 85; 138] в мире каждые 10 дней в среднем происходит одна посадка судна на мель. Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что основными причинами посадки судов на мель являются: ошибки судоводителя (85-90%); воздействие непреодолимых сил природы (например, цунами) примерно 5%; отказ технических средств (главного двигателя, рулевого управления, радиолокатора) – 2-3%; неудовлетворительное обустройство морского театра/фарватеров (маяки, буи, вехи), что наиболее часто характерно для прибрежных вод многих стран Африки -2-3%; другие причины – 1-2% [65].

Районы, в которых наиболее часто происходят посадки на мель – это подходы к портам, проливы, каналы, районы рейдовой разгрузки. Наиболее частыми причинами посадки на мель являются, незнание местных правил, неудовлетворительный контроль над местоположением судна, неудовлетворительное управление судном при маневрировании, использование некорректированных карт и пособий, небрежность при опознании берега и средств навигационного обеспечения, пренебрежение требованиями хорошей морской практики при плавании в малоисследованных районах.

Наиболее типичные случаи посадки на мель по стихийным обстоятельствам:

- действие прижимного ветра (в сторону берега);
- действие внезапного порыва на судно, стоящего на якоре;
- дрейф судна вместе со льдом в сторону мели;
- судно, лишенное возможности управляться, под действием шторма;
- преднамеренная посадка на мель в штормовых условиях.

Снижение аварийности, связанной с посадкой на мель, может быть достигнуто:

- 1) повышением профессиональной подготовки судоводителя;
- 2) проведение комплекса мероприятий по улучшению состояния водных путей, портовых акваторий, и т. д.;
- 3) улучшением конструктивных особенностей судов;

4) улучшение проведения спасательных работ.

Исходя из относительно устойчивых величин статистических данных о потерях судов, можно прогнозировать изменение риска гибели и вероятностный характер аварии судов, по крайней мере, на ближайшее будущее. Следует отметить, что соотношение между различными категориями аварий является также относительно устойчивой величиной. Относительно устойчивой величиной является и уровень риска, несмотря на то, что в количественном выражении аварийность снижается, но цена риска становится выше. Это объясняется увеличением количества крупнотоннажных дорогостоящих судов, цена риска аварий которых очень высока. С увеличением возраста судов увеличивается и уровень риска аварий.

Большая часть судов эксплуатируется с превышением нормативного срока эксплуатации. 75% судов, с которыми произошли аварийные случаи, например, в 2009 году, старше 25 лет (таблица 1.5) [131; 132].

Таблица 1.5 - Количество и возраст зарегистрированных морских судов и судов смешанного (река-море) плавания (кроме судов рыбопромыслового флота)

Возраст судов	Зарегистрированные суда	
	Количество	Процент
Государственный судовой реестр		
До 25 лет	964	36,7
25 лет и старше	1663	63,3
Всего	2627	
Бербоут-чартерный реестр		
До 25 лет	162	52,3
25 лет и старше	148	47,7
Всего	310	
Российский международный реестр судов		
До 25 лет	103	49,5
25 лет и старше	105	50,5
Всего	208	
Строящихся судов	21	

Следует отметить, что не всякое старое судно представляет угрозу аварии, но вероятность возникновения причин аварии, например, на судне возрастом

свыше 20-ти лет выше, чем на более «молодом». Это связано, прежде всего, с повышением вероятности отказов машин и механизмов, судовых систем, навигационного оборудования и др.

Одна важная особенность отличает аварии кораблей и морских судов от аварий на наземных и воздушных транспортных средствах. Благодаря значительным размерам, запасу остойчивости, свойствам окружающей среды в большинстве случаев аварий существует достаточно продолжительный промежуток времени от момента возникновения критической ситуации до окончательной гибели морского подвижного объекта.

Анализ аварийности на российских железных дорогах показывает, что аварии и крушения поездов происходят по одним и тем же причинам, что является следствием некачественной работы персонала и системы управления эксплуатацией подвижного состава и инфраструктурными объектами [40; 41; 43; 52; 53]. Одним из направлений позитивного изменения ситуации является лицензирование видов деятельности на железнодорожном транспорте, что позволяет не допустить на рынок транспортных услуг недобросовестных организаций и предпринимателей.

В 2003 году на железнодорожных переездах ОАО «РЖД» произошло 330 происшествий, в 2004 году- 283, в 2005 году- 237, в 2006 году-232, в 2007 году 231 происшествие, в 2008 году 219 происшествий, в 2009 году 198 и в 2010 году - 209 происшествий. В 2011 году на железнодорожных переездах Московской и Юго – Восточной железных дорог произошло 41 ДТП, в которых пострадало 36 человек, из них 13 человек погибло. В 2010 году было 32 ДТП, в которых пострадало 56 человек, из них 21 человек погиб. За три месяца 2012 году на железнодорожных переездах Московской и Юго-Восточной железных дорог, произошло 17 дорожно-транспортных происшествий, в которых пострадало 20 человек, 10 из них со смертельным исходом [41; 52; 131; 132]. Это говорит о том, что принимаемых мер со стороны администрации железных дорог, местных органов власти, руководителей автотранспортных предприятий, направленных на сокращение аварийности, недостаточно.

По-прежнему остается приоритетным государственный надзор в области промышленной безопасности опасных производственных объектов. На железнодорожном транспорте их насчитывается более 45 тысяч. Сегодня половина из них выработала свой нормативный срок службы.

По данным Департамента обеспечения безопасности дорожного движения МВД России, анализ аварийности за 2012-2013гг. показал:

- в 34 (42%) субъектах не допущено гибели людей при ДТП;
- в 31 (38%) субъекте не допущено роста количества ДТП, числа погибших и раненых, и в том числе в 10 субъектах аварийность по всем показателям снизилась [54; 84].

Основные виды автомобильных происшествий, которые приводят к гибели людей на дороге:

1. Происшествия между автомобилями (столкновения, и пр.) - 43%.
2. Наезд на неподвижные препятствия (бетонное ограждение, опоры мостов, и пр.) - 27%.
3. Наезд на пешеходов - 16%.
4. Происшествия, не связанные со столкновениями (переворачивание, падение с эстакад и пр.) - 10%.
5. Наезд на велосипедистов - 2%.
6. Наезд железнодорожного поезда на автомобиль - 1%.

Для снижения высоких показателей риска на автомобильном транспорте необходима реализация комплекса мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, которые можно объединить в две группы: организационные и технические.

К группе организационных мероприятий следует отнести:

- ужесточение административной и материальной ответственности граждан за нарушение правил дорожного движения;
- обмен информацией и распространение передового опыта обеспечения безопасности дорожного движения;

- совершенствование методики преподавания и содержания курса правил дорожного движения на всех уровнях образования: дошкольном, начальном, среднем, высшем профессиональном.

К группе технических мероприятий следует отнести:

- жесткое соблюдение требований к проектированию, строительству, ремонту и содержанию дорог и дорожных сооружений;

- оборудование автомобилей средствами безопасности (ремни и подушки безопасности, медицинские аптечки, огнетушители и т.д.);

- мероприятия, направленные на повышение безопасности пешеходов: организация пешеходных переходов, особенно в населенных пунктах, через которые проходят автомобильные дороги; освещение пешеходных переходов в темное время суток, особенно на загородных трассах; увеличение видимости пешеходов для водителей посредством использования светоотражающих элементов.

Все вышеперечисленные мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения, будут иметь эффект только в том случае, если государственные и общественные структуры, все категории участников дорожного движения будут осознавать ответственность за личную безопасность и за безопасность других участников дорожного движения.

1.3 Причинно-следственные связи аварийности и чрезвычайных ситуаций на транспорте

Существует достаточно тесная связь между уровнем аварийности и техническим состоянием транспортных средств, между уровнем аварийности и используемыми технологиями, а также уровнем профессионализма операторов (специалистов).

Любая опасность на транспорте порождена определенными причинами, которые, в свою очередь могут повлечь аварии или аварийные происшествия. Следовательно, знание или предвидение возможных опасностей позволяет

определить причины, которые способствуют реализации опасностей. Между реализованными опасностями и причинами существует причинно-следственная связь; опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием другой причины и т.д.

Мерой опасности является риск. Численная величина уровня риска характеризует степень угрозы возникновения ЧС и связанного с этим ущерба.

В приведенной здесь трактовке риск возникновения ЧС/транспортного происшествия - это мера угрозы возникновения ЧС/транспортного происшествия. Поскольку последнее понятие не включает в себя связанный с опасным событием ущерб, то логично введение еще одного определения - «риск ущерба». Определение этого понятия приводится в отраслевом стандарте (ОСТ) в разделе «Показатели риска» под названием «Прогнозируемый материальный ущерб» [7; 31; 34]. Прогнозируемый общий материальный ущерб - математическое ожидание величины материального ущерба техническим средствам морского, автомобильного и железнодорожного транспорта, собственности и окружающей среде в результате возникновения транспортных происшествий.

Система «человек – транспортное средство - среда» может выйти из стационарного/рабочего состояния под воздействием трех основных факторов – внутренних отказов, возмущений внешней среды и ошибок человека. Эти факторы могут проявляться либо по отдельности, либо вместе в различном сочетании.

Все факторы, влияющие на транспортные процессы и возникновение риска, можно объединить в следующие группы:

1. Факторы первого порядка – это факторы, влияние которых может стать первопричиной возникновения риска. Эти факторы объективно обусловлены и часто неподвластны контролю человека (например, подводные землетрясения).

2. Факторы второго порядка влияют на вероятность возникновения ущерба и цену риска. Они не являются причиной возникновения риска и подразделяются на объективные и субъективные. Объективные факторы – это, например, материалы и конструкции, из которых построено судно, автомобиль, терминал.

Субъективные факторы определяются профессионализмом, характером, психофизиологическими особенностями человека.

Источники, порождающие причины аварий, можно объединить в три основные группы: 1-я группа — человеческий фактор; 2-я группа — технико-технологические (техногенные); 3-я группа — природные. Каждая группа включает множество источников, отражающих основные признаки, присущие этой группе. Такой подход представляется наиболее продуктивным, поскольку позволяет осуществлять дифференциацию источников до такой степени малости, которая необходима для решения научно-практических задач в контексте оценки и управления рисками.

Предлагается следующая дифференциация источников причин возникновения ЧС/аварийных ситуаций и аварий.

1. *Человеческий фактор* как источник, порождающий причины аварий, характеризуется:

- уровнем квалификации членов экипажа судов, сотрудников сухопутных видов транспорта и берегового персонала судоходных компаний;

- уровнем квалификации лоцманов, операторов центров управления движением судов на рейдах, в каналах, акваториях портов, специалистов автотранспортных и железнодорожных компаний;

- уровнем профессиональной подготовки специалистов сервисных центров (ремонт и обслуживание судовых, автомобильных и железнодорожных технических средств, электрорадионавигационной аппаратуры, противопожарного инвентаря и аппаратуры);

- уровнем психофизиологической устойчивости и состояния здоровья специалистов;

- общечеловеческими ценностями и ответственностью.

2. *Техногенные факторы* характеризуются:

- техническим состоянием судна, автомобиля, ж/д вагона (корпус, люковые закрытия, герметичность дверей, иллюминаторов);

- техническими характеристиками и состоянием навигационного оборудования, систем спутниковой связи;

- техническими характеристиками и состоянием судовой противопожарной системы и инвентаря.

3. *Природные факторы* (гидрометеорологические и океанологические, тектонические условия) характеризуются:

- штормовой погодой, ураганами, тайфунами;

- штормовой погодой и обледенением;

- стационарными течениями, сгонно-нагонными течениями;

- подводными землетрясениями;

- непреодолимыми силами природы — ураганами, тайфунами, цунами, противостоять которым практически невозможно.

Поскольку основная задача исследования включает оценку и управление рисками возникновения ЧС на морских и мультимодальных перевозках в целом, рассмотрен сценарный план мультимодальной перевозки. Этот план включает следующие этапы: морская перевозка-железнодорожная перевозка-автомобильная перевозка.

В табл. 1.6 представлены основные этапы (сценарный план) мультимодальной перевозки в контексте «источники аварий–причины–риски–возможные последствия».

Таблица 1.6 - Основные этапы (сценарный план) рейса рыболовного судна, источники и последствия аварийных ситуаций/аварий.

Этапы рейса. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
1-й этап - порт			
1.1. Ненадлежащее техническое состояние судна	1.1.1. Появление течи корпуса. Не плотность люковых закрываний	Поступление воды в отсек/отсеки	Затопление отсека/судна
	1.1.2. Отказ балластно- осушительной системы	Затопление отсека	Подмочка груза
	1.1.3. Повреждение электропроводки, низкая изоляция электромоторов, протечки ГСМ	Возгорание ГСМ или других материалов	Пожар. Выгорание помещений
	1.1.4. Дефекты или недокомплект противопожарной системы/средств тушения пожаров	Снижение возможности тушения очага пожара	Выгорание помещений
1.2. Гидрометеорологические условия	1.2.1. Обрыв швартовых концов, срыв с якорей	Навал на другие объекты, посадка на мель	Повреждение корпуса
	1.2.2. Повреждение люковых закрываний	Нарушение герметичности	Подмочка груза
1.3. Квалификация/уровень профессионализма экипажа/руководства компании	1.3.1. Ошибки при комплектовании экипажей судов	Ошибочная оценка ситуации, не правильные решения	Ущерб (по ситуации)
	1.3.2. Ошибки в расчетах стойчивости и посадки судна при подготовке к погрузке/выгрузке	Возникновение избыточных изгибающих моментов. Появление отрицательной начальной стойчивости	Повреждение корпуса судна, опрокидывание судна
	1.3.3. Ошибки при маневрировании в порту, на рейде	Навал, столкновение, посадка на мель	Повреждение судов, посадка на грунт

Продолжение таблицы 1.6

Этапы перевозки. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
2-й этап переход на промысел/в порт			
<u>2.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты)</u>	2.1.1. Появление течи корпуса	Поступление воды в отсек/отсеки	Затопление отсека/судна Порча груза
	2.1.2. Неплотность люковых закрытий		
	2.1.3. Повреждение электропроводки, кабелей, низкая изоляция электромоторов	Возгорание ГСМ или других материалов	Пожар
	2.1.4. Отказы/дефекты систем пожаротушения и оповещения	Снижение возможности тушения очага пожара	«Развитие» пожара
	2.1.5. Отказы: - главного двигателя, рулевого управления; -радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции	Неуправляемость судна. Снижение уровня информационного обеспечения судовождения. Нарушение герметичности и прочности судна	Столкновение с судами, посадка на мель. Столкновение с судами, посадка на мель. Критическое состояние судна и экипажа.
<u>2.2. Гидрометеорологические условия</u>	2.2.1. Повреждение рулевого управления	Нарушение герметичности и прочности судна	Информационный «коллапс»
	2.2.2. Частичное разрушение судовых конструкций		
	2.2.3. Повреждение средств связи (антенны)	Риск попасть в тяжелые условия плавания	Порча груза Гибель судна
	2.2.4. Повреждение люковых закрытий	Риск подмочки груза, потери остойчивости судна	
	2.2.5. Повреждения/разрушение герметичного корпуса	Риск затопления отсеков	

Продолжение таблицы 1.6

Этапы перевозки. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
<u>2.3. Квалификация/уровень профессионализма экипажа/руководства компании</u>	2.3.1. Ошибки выбора маршрута перехода	Риск посадки судна на мель/скалы	Повреждение, гибель судна
	2.3.2. Ошибки в оценке устойчивости	Риск опрокидывания судна	Гибель судна
	2.3.3. Неверный выбор маневра при расхождении судов	Риск столкновения судов	Конструктивные разрушения, гибель судна
	2.3.4. Неверный выбор маневра в штормовую погоду	Риск потери устойчивости на попутном волнении	Опрокидывание судна
	2.3.5. Ошибки в счислении пути судна	Риск посадки на рифы/мель	Кораблекрушение
	2.3.6. Невыполнение требований противопожарной безопасности	Риск возникновения пожара	Пожар, гибель судна
3 этап - промысел			
<u>3.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты)</u>	3.1.1 Появление микротрещин, трещин, свищей	Появление течи	Подмочка груза Затопление отсеков
	3.1.2. Отказы: главного двигателя, рулевого управления	Снижение прочности судна Неуправляемость судна	Навалы, столкновения
	3.1.3. Не плотность люковых закрытий	Проникновение воды в отсеки	Подмочка груза
	3.1.4. Повреждение электропроводки, низкая изоляция электромоторов	Появление искр, возгорание	Пожар
<u>3.2. Техническое состояние радионавигационной аппаратуры, эхолотов, гидроакустических станций</u>	3.2.1. Отказ радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции эхолотов	Трудности с определением места судна. Ограничения получения информации об обстановке на театре	Угроза посадки на скалы, мель.

Продолжение таблицы 1.6

Этапы перевозки. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
	3.2.2. Отказ эхолотов, гидроакустических станций	Потеря информации о промышленном объекте, состоянии грунта. Риски потери орудий лова, сцепления орудий лова	Потеря орудий лова Потеря улова
<u>3.3. Организация и управление процессами лова и поиска</u>	3.3.1. Ошибки выбора района лова	Риск не обнаружения объекта лова	Потеря улова
	3.3.2. Ошибки маневрирования в группе судов, ведущих лов	Риски намотки снастей на винт и сцепления орудий лова, навала судов	Повреждение или потеря орудий лова
<u>3.4. Организация и технологии погрузо-разгрузочных операций в море</u>	3.4.1. Ошибки выбора маневра при выполнении швартовых операций	Риск навала и столкновения судов	Повреждение винто-рулевой группы
	3.4.2. Отказ системы дистанционного управления главным двигателем при швартовке	Риски навалов, ударов подводными частями корпусов	Повреждение судов
	3.4.3. Обрыв швартовых в процессе погрузо-разгрузочных работ	Риск навала судов	Повреждение корпуса и судовых кранов
	3.4.4. Ошибки в управлении грузовыми кранами	Риски повреждения комингсов трюмов, повреждения такелажа кранов, груза	Повреждение судовых конструкций
<u>3.5. Организация бункеровки судов в море</u>	3.5.1. Ошибки выбора маневра при постановке на бакштов	Риск навала на судно	Повреждение судов

Окончание таблицы 1.6

Этапы перевозки. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
	3.5.2. Ошибки выбора интенсивности перекачки топлива	Риск разрыва шланга	Разлив топлива
3.6. Организация и технологии производства ремонтных работ в море	3.6.1. Нарушение правил выполнения сварочных работ	Риск загазованности отсека, возгорания, взрыва	Взрыв Пожар Гибель людей
	3.6.2. Нарушение правил проведения водолазных работ	Риск причинения вреда здоровью водолаза, риск гибели водолаза	Причинение вреда здоровью водолаза Гибель водолаза

Как правило, понятие риска связывают с возможностью наступления сравнительно редких событий. Риск связывают также с размером ущерба от опасного события или явления (например, опасного природного явления — наводнения, землетрясения; аварии — взрыва, пожара), как правило, в натуральном (число пострадавших и погибших, размер зоны действия опасных факторов) или стоимостном выражении. В соответствии с ГОСТ Р 22.0.02-94 «риск - вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска» [7].

Величина риска в общем случае может быть вычислена по формуле [85, с. 48]:

$$R = \lambda \cdot Y, \quad (1.1)$$

где R - величина риска, 1/год или руб./год;

λ - частота аварии рассматриваемого типа, 1/год;

Y - ущерб от аварии, без размерности или руб.

Размерность 1/год используется в том случае, если оценивается риск гибели человека (индивидуальный риск), а размерность руб./год – если оценивается риск потери материальных ценностей.

В таблицах 1.7, 1.8 и 1.9, представлены факторы, которые оказывают существенное влияние на безопасную эксплуатацию судна. На основе анализа этих факторов, можно сформулировать основные причины морских аварий, а также разобрать последствия, которые могут возникнуть в случае наступления аварийного случая [38].

Таблица 1.7 - Влияние факторов окружающей среды на условия эксплуатации морских судов

Факторы	Общая характеристика влияния
Глубина моря, плотность движения судов в районах подхода к портам	1. Возможные осложнения и опасности прохода судов в мелководных районах, при заходах судов в порты, стоянке судов на рейде и у причала 2. Возможность столкновений, навалов и посадок на мель
Температура воды и воздуха, глубина под килем и характер грунта	1. Возможные изменения режимов работы судовых, паровых и дизельных установок 2. Возможные изменения режимов работы рефрижераторов 3. Возможные изменения в состоянии грузов в трюмах 4. Возможные обледенения корпуса объекта морской техники и его грузов 5. Возможное касание грунта вследствие проседания судна при движении с определенной скоростью

Продолжение таблицы 1.7

Факторы	Общая характеристика влияния
Соленость и плотность воды	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможные изменения провозной способности судов 2. Возможные изменения режимов работы судовых котлов и опреснительных установок 3. Возможные изменения режимов работы гидроакустической аппаратуры 4. Возможное обрастание подводной части корпуса объекта морской техники
Ветры и волнение моря	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможный дрейф судна 2. Возможные изменения мореходных и эксплуатационных качеств судна, таких как: <ul style="list-style-type: none"> - потери скорости хода; - изменение гидродинамического режима работы винта; - заливание палуб, явления резонанса, вибрации корпуса; - ухудшение характеристик управляемости судна; - угроза смещения грузов, потери устойчивости, порчи груза, потери - ухудшение самочувствия экипажа и пассажиров; - ускоренный физический износ корпусных конструкций и главного двигателя. 3. Затруднения в работе на открытых рейдах 4. Возможные осложнения стоянок судов в порту
Шторм	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дрейф судна, резонансная качка, существенная потеря скорости хода и угроза потери управляемости 2. Возможные смещения сыпучих, навалочных и палубных грузов
Цунами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Велика вероятность повреждение судовых конструкций и корпуса судна, угроза полного конструктивного разрушения и гибели 2. Разрушение портовых сооружений, навигационных знаков, перегрузочного оборудования 3. Повреждение средств связи

Продолжение таблицы 1.7

Факторы	Общая характеристика влияния
Морские течения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Угроза сноса судов на скалы, отмели. Влияние на скорость судов 2. Затруднения при выполнении швартовых операций 3. Ухудшение управляемости судна
Обрастание	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снижение скорости и ухудшение маневренных характеристик 2. Возможные ухудшения работы эхолотов и гидроакустической аппаратуры 3. Возможное ухудшение режима работы силовых установок вследствие уменьшения сечения охлаждающих трубопроводов
Ледовые поля	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снижение скорости хода 2. Возможные деформации и повреждения корпуса, а также винто-рулевой группы 3. Угроза столкновения с айсбергами 4. Угроза «ледового плена» 5. Ухудшение режима работы силовых установок из-за забивания кингстонов мелким льдом
Ограниченная видимость	<ol style="list-style-type: none"> 1. Преднамеренное снижение скорости хода 2. Ухудшение или невозможность производства визуальных наблюдений за морским театром 3. Угроза столкновений, навалов и посадок на мель 4. Повышение физической и психологической напряженности в работе экипажа
Температура и влажность воздуха	<ol style="list-style-type: none"> 1. Негативное влияние на режим работы силовых установок и судового электрооборудования 2. Ухудшение условий хранения палубных грузов и работы судового оборудования 3. Угроза обледенения при низких температурах

Окончание таблицы 1.7

Факторы	Общая характеристика влияния
Обледенение надводных частей корпуса	1. Угроза потери остойчивости судна 2. Уменьшение высоты надводного борта 3. Риск травмирования людей
Облачность (низкая)	1. Ухудшение видимости 2. Возможные помехи в радиолокации и радиосвязи
Осадки	1. Ухудшение видимости 2. Помехи в работе РЛС 3. Возможное обледенение корпуса при низких температурах 4. Остановка погрузо-разгрузочных работ
Грунт дна	1. Влияет на величину удерживающей силы якорей 2. Угроза дрейфа судна на якоре
Атмосферное электричество	1. Нарушение в работе средств связи и радионавигации 2. Помехи в радиолокации 3. Угроза удара молнии

Анализ факторов, представленных в таблице 1.7, показывает, насколько многообразно влияние этих факторов на эксплуатацию судна и процессы перевозок, настолько же многообразны и риски аварий. Основные виды причин морских аварий [27; 65] приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Классификация причин морских аварий

Причины аварий	Источники аварий	
	внутренние	внешние
Природно-климатические	1. Ухудшение качества среды обитания экипажа 2. Обледенение или перегрев верхней палубы, палубного оборудования и надстроек 3. Вибрационно-резонансные режимы работы оборудования	1. Экстремальные состояния окружающей среды 2. Неблагоприятные комбинации внешних нагрузок 3. Резонансные явления в системе «судовые конструкции – внешние нагрузки»

Окончание таблицы 1.8

Причины аварий	Источники аварий	
	внутренние	внешние
Технические	1. Физическое старение корпусных конструкций и судового оборудования 2. Скрытые производственные дефекты 3. Химическая, геометрическая и функциональная несовместимость конструктивных материалов, механизмов	1. Проектно-конструкторские ошибки 2. Нарушение технологий постройки, обслуживания и ремонта 3. Поставки некачественных сортов топлива, масел, хладагентов, запчастей
Технологические	Нарушение технологий погрузки и крепления груза Нарушение режима транспортировки груза	Воздействие штормовых ветров и волнения моря
Организационные	1. Некачественная профилактика и техобслуживание 2. Нарушение инструкций по эксплуатации судна и обслуживанию перевозимых грузов 3. Ухудшение психофизиологического состояния членов экипажа	1. Ошибочные решения представителей классификационных обществ 2. Нештатные решения, принимаемые береговыми службами либо судоводителями взаимодействующих судов, буксиров или барж 3. Некачественная профессиональная подготовка членов экипажа

Характер последствий аварий приведен в таблице 1.9

Таблица 1.9 - Характер последствий морских аварий

Последствия аварии	Характер последствий аварий	
	внутренний	внешний
Первичные (устраняемые в ходе профилактических и плановых ремонтов)	<p>Механические – трещины, вмятины, гофры, разрывы швов и другие</p> <p>Термические – переохлаждения и перегревы груза, локальные пожары в грузовых трюмах и другие</p> <p>Функциональные – отказы конструктивных и функциональных элементов, частичная или полная утрата работоспособности</p>	<p>Механические – столкновения, посадка на мель, навалы на гидротехнические сооружения и другие</p> <p>Термические – переохлаждения корпуса, возгорания и локальные пожары нефти, разлитой по поверхности моря. и другие</p> <p>Функциональные – утрата потребительских свойств</p>
Обратимые (оцениваемые в стоимостном выражении и требующие вывода объекта из эксплуатации)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Потери герметичности корпуса судна, буксира или баржи 2. Выход из строя отдельных судовых систем и устройств на судне, буксире или барже 3. Ухудшение условий хранения грузов, перевозимых на судне или барже 4. Временная утрата здоровья членов экипажа судна 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Затопление части отсеков корпуса взаимодействующего судна, буксира или баржи 2. Разрушение части береговых, рейдовых или морских гидротехнических сооружений 3. Временная утрата здоровья членов экипажа на взаимодействующих судах, буксирах, баржах или гидротехнических сооружениях 4. Локальные загрязнения морской среды

Окончание таблицы 1.9

Последствия аварии	Характер последствий аварий	
	внутренний	внешний
Необратимые (имеющие катастрофические последствия)	1. Выбросы вредных, радиоактивных, токсичных и других веществ в помещения и отсеки судна 2. Гибель членов экипажа и пассажиров на судне	1. Нанесение необратимого ущерба экологии и окружающей среде 2. Гибель членов экипажа и пассажиров на взаимодействующих судах, буксирах, баржах или гидротехнических сооружениях

Анализ данных таблиц 1.7, 1.8 и 1.9 позволяет сделать вывод о наличии достаточно тесной причинно-следственной связи «факторы опасности/риски – причины – следствия». От полноты информации о причинно-следственных явлениях в процессе морских перевозок зависит степень точности прогноза развития событий в случае угрозы возникновения ЧС. Необходимость такого прогноза обусловлена потребностью поиска рационального решения по упреждению возникновения ЧС или минимизации последствий [57; 66; 94].

Многие причины, являющиеся результатом аварий на транспорте, приводят также к значительной потере и порче груза. Груз во время транспортировки подвергается воздействию множества различных факторов, многие из которых носят случайный характер. Сам факт погрузки груза на борт судна приводит к появлению новых опасностей, связанных со специфическими свойствами груза и его размещением на судне. Эти опасности, проявляющиеся в процессе погрузки, перевозки, выгрузки груза, требуют принятия адекватных решений в части обеспечения безопасности перевозки и безопасности судна в целом.

Груз не только подвергается воздействию различных агрессивных факторов, но и сам является источником опасности для судна. Уровень рисков, связанных с транспортировкой груза, будет зависеть от: физико-химических свойств груза, вида транспортного средства, его технического состояния, размещения и

крепления груза на судне, района плавания судна, гидрометеорологических условий, квалификации перевозчика и т.д.

Таким образом, в результате анализа причинно-следственных связей морских происшествий и потери грузов, можно выделить факторы, оказывающие наибольшее негативное влияние на безопасность морских грузоперевозок и мореплавание в целом. К числу таких факторов можно отнести:

- природный фактор (гидрометеорологические условия, землетрясения, цунами) и фактор времени (год, месяц, сутки);

- конструктивный фактор (размеры судна, навигационное оснащение судна, навигационное обустройство каналов, гидрографическое оснащение);

- технический фактор (надежность техники, возраст судна или других транспортных средств, скоростной режим, маневренные характеристики, характер перевозимого груза и его размещение на транспортном средстве, техническое состояние транспорта);

- технологический фактор (эксплуатационные характеристики, физико-химические свойства груза, складирование и крепление груза, нарушение правил перевозки);

- человеческий фактор (нарушение международных правил предупреждения столкновений судов в море, низкая квалификация, ошибки при маневрировании и навигационной проводке, недостатки организации судовой службы, нарушение трудовой дисциплины).

Перечисленные факторы оказывают негативное (временами позитивное) воздействие на работу практически всех видов транспорта, вовлекаемых в процесс мультимодальных перевозок. Как показывает анализ аварийности на морском и других видах транспорта, именно воздействие перечисленных факторов порождает риски возникновения ЧС в процессе мультимодальных грузоперевозок [14; 20; 85]. Однако в практике перевозок влияние этих факторов учитываются в основном на качественном уровне, что не всегда способствует принятию лучших решений при организации перевозок.

На сегодняшний день остаются недостаточно разработанными вопросы оценки и управления рисками мультимодальных грузоперевозок, что существенно ограничивает возможности оценки проектируемых ТЛС доставки грузов по критериям риска и поиска методов снижения уровня риска до допустимых значений. Перевозчики/проектировщики в лучшем случае дают качественную оценку риска, используя методику ИМО ФОб (на морском транспорте). Такой подход не позволяет получить интегральную/комплексную оценку уровня риска при выполнении мультимодальных перевозок

Таким образом, актуальной является задача разработки методики интегральной оценки и управления рисками с целью повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

Таким образом, на основе анализа практики морских и мультимодальных грузоперевозок в целом и опубликованных научных работ в области безопасности на транспорте установлено следующее:

- сравнительный анализ аварийных случаев и ЧС показывает, что, несмотря на снижение аварийности на транспорте, сохраняются риски возникновения транспортных происшествий с тяжелыми последствиями;

- определены основные факторы риска аварийности на море и в процессе мультимодальных грузоперевозок;

- вопросы оценки рисков при морских и мультимодальных перевозках разработаны недостаточно и основываются в основном на определении средневзвешенных оценок каждого вида аварии и локальных критериях, что не позволяет оценить уровень риска морской перевозки с учетом влияния многих внешних и внутренних факторов;

- анализ причинно-следственных связей аварий морских судов показал, что наиболее слабым звеном в системе «оператор – судно – природа» является человек/оператор (под «оператором» в данном случае понимаются все

специалисты, включенные в системный процесс грузоперевозки и влияющие на этот процесс);

- разработанная под эгидой ИМО формализованная оценка безопасности (ФОБ) или (Formal Safety Assessment, FSA) является эффективным инструментом обеспечения безопасности морских судов, но для оценки рисков морских и мультимодальных перевозок может быть использована лишь частично;

-важным направлением повышения безопасности на транспорте и в морской индустрии в условиях осуществления структурных реформ должно стать создание эффективной системы государственного регулирования и предупреждения рисков;

- повышение безопасности морских грузоперевозок является комплексной задачей, базисом которой является системный подход к проектированию перевозок с учетом факторов риска и управления рисками на всех этапах перемещения грузов во времени и пространстве.

В этой связи актуальной является задача разработки методики интегральной оценки и управления риском возникновения ЧС с целью повышения безопасности морских и мультимодальных грузоперевозок.

2 МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МОРСКИХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗКАХ

2.1 Систематизация факторов риска возникновения чрезвычайных ситуаций в морских грузоперевозках и методы ранжирования оценки риска

Риск, являясь неотделимой частью экономической, политической, социальной жизни общества, неизбежно сопровождает все сферы деятельности и направления любой организации, в том числе занимающейся перевозками на морском транспорте. В связи с этим главным и неперенным критерием нормальной дееспособности современного предприятия морского транспорта является умение высшего руководства, опираясь на строго научную основу, прогнозировать, проводить профилактику, рационально контролировать и эффективно управлять рисками.

Анализ тенденций и перспектив развития международных морских перевозок показывает, что с увеличением объемов грузоперевозок повышается и уровень аварийности. Вместе с тем при разработке транспортно-логистических схем доставки грузов недостаточное внимание уделяется вопросам оценки факторов риска и снижения степени их влияния на процесс перевозки. В значительной степени это объясняется тем, что вопросы количественной оценки рисков, равно как и оценки факторов рисков, разработаны недостаточно. В большинстве используемых на практике методиках оценки уровня риска акцент делается на характеристике вероятности наступления неблагоприятного события, а не на величине возможных потерь.

Рассмотрим существующие методические подходы к оценке рисков при морских перевозках, которые используются в настоящее время с целью управления безопасностью мореплавания на любом предприятии, деятельность которого связана с процессом судоходства.

1. Методика формальной оценки безопасности (FSA).

Руководство по формальной безопасности – Formal Safety Assessment (FSA), разработанное ИМО – это структурированная и систематизированная методология, направленная на повышение морской безопасности, включая защиту жизни и здоровья человека, окружающей морской среды и собственности на основе оценки риска с учетом требуемых затрат и получаемых выгод [88].

Риск в данном случае рассматривается как произведение частоты на ущерб от аварии.

Шкала риска имеет три области. Одну из них образует пренебрежимый риск, другую – риск столь большой, что он считается чрезмерным или неприемлемым. Между ними располагается область приемлемого риска, размер которого не настолько мал, чтобы с ним не считаться, но в тоже время и не настолько велик, чтобы считать его чрезмерным. Приемлемым является уровень риска техногенной деятельности, который общество готово принять ради получаемых экономических и социальных выгод. В соответствии с принятыми в мировой практике подходами недопустимым считается индивидуальный риск, превышающий $1 \cdot 10^{-4}$ 1/год (в течение года от аварий гибнет 1 человек из 10000). Если уровень риска лежит в диапазоне $1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-6}$ 1/год, необходимо принятие специальных мер по управлению им. Значение риска $1 \cdot 10^{-6}$ 1/год в экономически развитых странах обычно принимается за границу допустимого уровня риска.

В этом случае можно считать, что меры безопасности, принятые в данной сфере деятельности, находятся на столь высоком уровне, что и не требуется специального вмешательства для их дальнейшего усовершенствования.

2. Применение теории нечетких множеств для оценки риска возникновения аварий на морских судах.

При оценке безопасности на основе концепции приемлемого риска возникает необходимость в определении частоты реализации аварий, возможных при эксплуатации судовых технических средств. Для этих целей обычно используются «деревья отказов», при построении которых необходимо иметь данные о частоте отказов элементов, входящих в состав механических установок

и систем. При наличии достаточного количества статистических данных частота отказов может быть найдена с использованием выражения [87]:

$$\lambda_A = N/n * T, \quad (2.1)$$

где N - число аварийных отказов;

n - количество оборудования одного типа в одинаковых условиях эксплуатации;

T - период рассмотрения.

Однако зависимость (2.1), широко используемая в теории надежности, применима лишь в том случае, если рассматриваемые события однородны и имеют массовый характер. Но, изучая статистические данные о работе судового оборудования, эксплуатируемого в самых различных условиях и режимах нагрузки, неуместно говорить о статистической однородности событий, и, следовательно, допустимость применения данной формулы может быть поставлена под сомнение. При оценке риска вследствие отсутствия требуемого количества статистических данных и их низкой достоверности, ощущается дефицит в информации о безошибочности действий членов судового экипажа, силе и частоте неблагоприятных воздействий на судно со стороны окружающей среды.

Из сказанного вытекает необходимость в изменении отношения к интерпретации исходных данных, т.е. представление их не точно известными, а приближенными величинами, заданными на некоторых интервалах возможных значений.

Необходимость учета приближенной информации вызвана нестационарностью и неэргодичностью процессов в человеко-машинных системах. Выход из этих трудностей может быть найден с помощью теории нечетких множеств. Наиболее перспективный путь состоит в замене точечных оценок частот или вероятностей конкретных предпосылок их интервальными оценками, выраженными в форме нечетких величин и чисел.

3. Ранжирование как базовый элемент в оценке рисков

Существует четыре основных способа ранжирования рисков [71]:

3.1. *критичность вида отказа (Mode Criticality)* - количественный показатель риска, используемый в анализе критичности для каждого вида отказов. Отказ является событием, предшествующим ряду нежелательных событий с различной степенью тяжести исхода;

3.2. *условная величина риска (RPN – Risk Priority Number)* – численный параметр, характеризующий риск, и измеряется в интервале 1 – 1000. Она представляет собой произведение трех величин, значения которых определяет эксперт в интервале 1 – 10: серьезности последствий отказа S , возможности возникновения отказа Q и возможности его обнаружения D ;

3.3. *ранг критичности (Critically Rank)* – показатель, описывающий величину риска, представляющий собой систематизацию критичности различных видов отказов, осуществляемую с помощью известного принципа ранжирования по Парето, когда выполняется последовательное уменьшение объема рассматриваемой выборки. Вид отказа описывается экспертом одновременно с точки зрения серьезности его последствий и вероятности появления. Ранг критичности определяется для всех видов отказов посредством установления вида отказа, имеющего наименьшую величину риска из всех исследуемых, т.е. осуществляется поиск того вида отказа, у которого, например, величина риска наименьшая (если в качестве шкалы принята величина риска). При этом осуществляется последовательное уменьшение на один рассматриваемый вид отказа из состава группы исследуемых. Отказу, который имеет наименьшую критичность, присваивается ранг критичности 1, далее рассматриваются оставшиеся отказы, и отказу с наименьшей критичностью присваивается ранг критичности 2 и т.д. Таким образом, число рангов критичности в этом случае совпадает с числом видов отказов, а процедура заключается в упорядочении видов отказов по рангу критичности. При установлении шкалы, с помощью которой виду отказа присваивается тот или иной ранг критичности, наибольшее распространение получило определение риска как произведение вероятности наступления неблагоприятного события $f Q$ на его последствия C ;

3.4. *величина (уровень) риска (Risk Level)* - величина, позволяющая одновременно ранжировать все виды отказов, фактически представляет собой разбиение величин рисков на установленное количество категорий, в отличие от способа, приведенного ранее, когда число категорий было равно количеству видов отказов.

4. *Матрица рисков*

Широкое распространение получил способ установления категории риска с помощью матрицы риска [88]. Применение матрицы рисков позволяет ранжировать риски, которые затруднительно выразить в денежном эквиваленте, равно как риски, связанные с загрязнением окружающей среды. Количество областей в матрице рисков связано с имеющимся набором возможных управленческих решений. Естественно, что минимальное количество альтернативных решений равно двум, поэтому матрица риска, по крайней мере, должна включать минимум две области. Американское бюро судоходства предусмотрело всего три области в матрице рисков: 1 – область высоких рисков; 2 – область средних рисков и 3 – область низких рисков. Вероятность наступления неблагоприятного последствия может ранжироваться в виде: 1 – частое (чаще 1 раза в год); 2 – возможное (от 0,1 до 1 раза в год); 3 – редкое (от 0,01 до 0,1 случая в год); 4 – маловероятное (от 0,001 до 0,01 случаев в год); 5 – невероятное (реже 0,001 случая в год). Относительно величин последствий и их ранжирования бюро полагает, что каждая судоходная компания должна это выполнить, исходя из имеющегося опыта эксплуатации судна. Пример матрицы рисков, используемой на предприятиях морского транспорта в России, приведен на рисунке 2.1.

Частота	Частые				Высокий риск
	Весьма вероятные				
	Маловероятные				
	Крайне маловероятные	Низкий риск			
		Минимальные	Значительные	Тяжкие	Катастрофические
	Последствия				

Рисунок 2.1 - Матрица рисков

5. Оценка риска по типу страхования

Страховые компании часто занимаются оценкой рисков при морских перевозках, используя в своей работе следующую методику [14]. Обозначим вероятность аварии буквой p , сумму страхового взноса b , а страховую премию, которую страховая контора обязуется выплатить в случае аварии, C .

Ожидаемый выигрыш страховой конторы складывается из двух частей:

1. Если случится авария, страховая контора должна выплатить премию и удовлетвориться лишь получением страхового взноса, ее выигрыш будет отрицателен и равен $p(-C + b)$.

2. Если аварии не произойдет, страховая контора получает чистый выигрыш за счет страхового взноса; он будет положителен и равен $(1 - p)b$.

Очевидно, что страховая контора будет идти на риск заключения договора лишь в том случае, если общая сумма ее выигрыша окажется положительной:

$V_{с.с.} = p(-C + b) + (1 - p)b > 0 \rightarrow b > pC$ - условие заключения договора страховой конторой.

Если говорить об интересах владельца судна, то для него главный вопрос – в каких случаях стоит рисковать своим взносом, а в каких – нет. Ожидаемый выигрыш владельца судна также складывается из 2 частей:

- если случается авария, владелец получит страховую премию за вычетом страхового взноса, его выигрыш положителен и равен $p(C - b)$;

- если аварии не произойдет, владелец потеряет страховой взнос, его выигрыш будет отрицателен и равен $(1-p)(-b)$.

Общая сумма выигрыша владельца судна составит:

$$V_{c.c.} = p(C - b) + (1 - p)(-b) = pC - b$$

Поскольку, как мы выяснили, страховая контора будет заключать договор лишь при $b > pCb$, или что то же самое, если $pC - b < 0$, то, как это ни печально, общая ожидаемая сумма выигрыша владельца судна будет отрицательна.

6. Оценка риска при коллективном принятии управленческих решений

Существо принятия решений, связанных с оценкой риска, в группе заключается в переходе от индивидуальных решений, принимаемых каждым ее членом, к коллективным, выражающим точку зрения группы в целом. Можно выделить несколько типов подобного перехода [14].

6.1. Стратегия простого большинства.

Достоинства стратегии – простота и очевидность. Недостатки – мнение меньшинства совершенно не влияет на выбор, отсутствие согласованности предпочтений данной альтернативы у отдельных лиц.

6.2. Стратегия суммирования рангов. Рассмотрим пример. Пусть решение, сопряженное с риском, вырабатывается малой группой, состоящей из трех лиц. Возможны четыре альтернативных решения: a_1, a_2, a_3, a_4 . Прежде всего, производится ранжирование – выстраивание в порядке предпочтения альтернатив каждым лицом группы. Ранги по каждой альтернативе складываются. Групповое решение соответствует той альтернативе, у которой сумма рангов оказывается наименьшей.

6.3. Стратегия минимизации отклонений. Идея стратегии – сделать отклонения между предпочтением группы и индивидуальными решениями, как можно меньшими.

Скажем, малая группа из трех лиц оценивает три альтернативы a_1, a_2, a_3 , с помощью трехбалльной системы оценок. Для того чтобы минимизировать имеющиеся отклонения решений членов группы от группового решения, строится

матрица расхождения исходов решения. При этом вначале делаются предположения о выборе группой той или иной альтернативы, а затем оцениваются расхождения между этим групповым и индивидуальными решениями.

6.4. Стратегия оптимального предвидения. Полученное групповое решение дает возможность предусматривать индивидуальные предпочтения. Для этого необходимо, чтобы предпочтение между любыми парами альтернатив, сделанное на основе группового решения, соответствовало действительному предпочтению. Предположим, при разработке особых правил плавания в некотором районе принимается групповое решение о том, в каком случае судоводители пойдут на некоторый риск, а в каком – не пойдут. Стратегия сделанного группового выбора признается наилучшей, если судоводители в своих действительных решениях следуют предсказанному выбору как можно чаще.

7. Теоретико-игровые методы при оценке рисков.

Теория статистических решений служит для выработки рекомендаций по рациональному образу действий в условиях неопределенности и связанного с ней риска, вызванных не зависящими от нас причинами: нашей неосведомленностью об условиях предстоящих действий, а также случайным характером этих условий. В отличие от теории игр, вместо сознательно и злонамеренно действующего противника здесь мы имеем дело с объективными обстоятельствами – «природой». При этом понимается, что природа сознательно нам не противодействует. В играх с «природой» предположение, как противник поступит и построит свою тактику, сделать нельзя, именно это усугубляет неопределенность обстановки, усиливает риск и тем самым усложняет принятие решения.

В теории статистических решений вводится специальный показатель, который называется «риск». «Риск» показывает, насколько выгодна примененная нами стратегия в данной обстановке с учетом ее неопределенности. «Риск» равен разности между ожидаемым результатом действий при наличии точных данных

обстановки и результатом, который может быть достигнут, если эти данные точно неизвестны.

Выбор наилучшего решения в условиях неопределенности данных об обстановке осуществляется по трем возможным вариантам [14]:

7.1. Выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки известны.

В этом случае должен избираться способ действий, при котором среднее ожидаемое значение результата, т.е. сумма произведений вероятностей типов погоды на соответствующие результаты решения задачи, максимально.

7.2. Выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки не известны, но имеются соображения об их относительных значениях.

Если считать, что любое из условий обстановки не более вероятно, чем другие, то вероятности различных условий обстановки можно принять равными и производить выбор способа вышеуказанным способом (это принцип недостаточного основания Лапласа).

7.3. Выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки не известны, но существуют принципы подхода к оценке результата действий.

7.3.1. Критерий Вальда. Необходима гарантия, что результат в любых условиях окажется не меньше, чем наибольший возможный в худших условиях. Тактика – «рассчитывай на худшее». Оптимальный способ действий – тот, при котором результат окажется максимальным из минимальных при различных типах погоды.

7.3.2. Критерий Сэвиджа. Оптимальный способ действий – тот, для которого риск, максимальный при различных типах погоды, окажется минимальным.

7.3.3. Критерий Гурвица. Компромисс между тактикой «рассчитывай на худшее» и тактикой «рассчитывай на лучшее». Оптимальный способ действий – тот, для которого критерий пессимизма-оптимизма окажется максимальным.

В настоящее время существует множество подходов к оценке рисков, однако ни один из них не дает целостной картины влияния риска на процесс транспортировки.

Большинство предприятий морского транспорта используют качественные методы оценки риска без учета их количественной составляющей, а также неформальные и интуитивные методы без применения математического аппарата, что в конечном итоге приводит к низкой эффективности управления рисками.

Таким образом, с одной стороны повышение безопасности на транспорте и безопасности морских перевозок, в частности, является актуальной социально-экономической задачей, но с другой стороны, вопросы оценки факторов риска, расчеты интегральных оценок уровня риска, как основных критериев для принятия решений, разработаны недостаточно. В этой связи возникает необходимость разработки комплексного, всестороннего подхода к риск-менеджменту, который будет координироваться в рамках всего предприятия, обеспечивая его успешное функционирование, финансовую устойчивость, высокую конкурентоспособность и стабильную прибыльность. Для достижения этой цели должны быть разработаны методики, которые позволили бы руководству предприятий морского транспорта управлять рисками, используя определенные средства и методы, позволяющие максимально прогнозировать наступление рискованного события и проводить соответствующие мероприятия по снижению степени риска.

Оценка опасности возникновения аварий на транспорте должна включать две взаимосвязанные группы показателей опасности. Первая группа характеризует последствия аварий (материальный и социальный ущерб), вторая - вероятностные показатели её реализуемости (вероятность аварии вследствие действия некоторого/некоторых факторов риска) [14; 50; 65].

В соответствии с Федеральным законом от 27.12.02 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании", критерием безопасности является уровень риска. Методика оценки безопасности, установленная ФЗ № 184-ФЗ "О техническом регулировании", сводится к расчету риска и сравнению его с нормативными

показателями [2]. Важнейшим вопросом при принятии решений по обеспечению безопасности промышленных и транспортных объектов является определение того, какая степень риска (опасности) аварий может считаться приемлемой (допустимой) и обеспечивать нормальные условия для деятельности того или иного объекта.

В соответствии с принятыми в мировой практике подходами недопустимым считается индивидуальный риск, превышающий $1 \cdot 10^{-4}$ 1/год (в течение года от аварий гибнет 1 человек из 10000). Если уровень риска лежит в диапазоне $1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-6}$ 1/год, необходимо принятие специальных мер по управлению им. Значение риска $1 \cdot 10^{-6}$ 1/год в экономически развитых странах обычно принимается за границу допустимого уровня риска. При оценке приемлемости риска необходимо учитывать суммарный ущерб, вызванный как гибелью людей, так и материальными потерями и ущербом окружающей среде. С этой целью следует всегда рассматривать соответствие материального ущерба в денежном выражении ущербу от гибели человека. В работе [15, с. 39; 79, с. 42; 113; 133] дано определение «*Приемлемый риск аварии*» - риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических соображений.

Большинство специалистов по природным опасностям определяют риск как «вероятностные потери», которые могут быть установлены путем умножения вероятности (частоты) негативного события на величину возможного ущерба от него [85, с. 48]. В результате такой операции возможный ущерб трансформируется в условный средний ущерб за единицу времени, что можно считать оправданным для событий с относительно большой повторяемостью.

Для редко повторяющихся событий риск следует оценивать одновременно двумя показателями: величиной возможного одномоментного ущерба и вероятностью (частотой) его реализации. В этом случае результат оценки рисков можно выразить в вероятностной, стоимостной и комбинированной (ущерб и вероятность) формах.

Общая классификация рисков [14; 20; 65] включает внешнеэкономические, природно-климатические, информационные, технические, технологические,

производственные. Однако для оценки и управления рисками в мультимодальных перевозках необходимо выполнить дифференциацию наиболее характерных рисков.

На примере проекта транспортного коридора по доставке грузов из Европы в Азию (порт Киль – порт Усть-Луга – Забайкальск – Пекин) рассмотрены основные группы факторов, влияющие на процесс перевозок (на каждом звене логистической цепи перевозки). На рис. 2.2 приведены основные факторы, которые потенциально являются «инициаторами» риска. Дифференциация факторов, порождающих риски, была выполнена на основе анализа аварийности и причинно-следственных связей, а также экспертных оценок.

Показано, какие риски могут возникнуть в процессе перевозок по рассматриваемому маршруту.

Порты: гидрометеорологические факторы – риски навигационных аварий, подмочки грузов, опрокидывания судна; технико-технологические факторы – риск отказа технических средств, аварии судна; криминогенные/пираты – риск нападения пиратов, ограбления; политические – риск задержания/ареста судна; экономические – риск экономических/штрафных санкций; человеческий фактор – риск аварий.

В морских перевозках наиболее часто встречающиеся риски: отказа главного двигателя; рулевого управления; навигационного оборудования и др.; посадки судна на мель/скалы; опрокидывания судна; пожаров и взрывов; потери груза; кораблекрушения. В зависимости от времени года и района плавания возникают риски встречи с тропическими циклонами, ураганами, цунами, торнадо.

В автомобильных перевозках встречаются следующие основные риски: отказа агрегатов и узлов; встречи с тяжелыми гидрометеорологическими условиями; разбойными нападениями; попадания в дорожно-транспортное происшествие (ДТП); аварии и разрушения автомобиля; потери груза и др.

Международный транспортный коридор по доставке грузов из Европы в Азию и обратно проходит через следующие географические пункты:

1. Киль (Германия) – формируются партии сырья (грузов) для отправки на импорт в Россию для транзита в страны ШОС.
2. Киль – Усть-Луга (Россия) – морская перевозка.
3. Усть-Луга – формирование железнодорожных составов для отправки груза в страны ШОС.
4. Усть-Луга – Забайкальск – железнодорожная перевозка.
5. Забайкальск – формирование автопоездов для отправки груза в Китай.
6. Забайкальск – Пекин (Китай) – автомобильная перевозка.

Таким образом, схема, отражающая взаимосвязь действующих на систему факторов, и возникающих под воздействием этих факторов рисков, примет вид, изображённый на рис. 2.2.

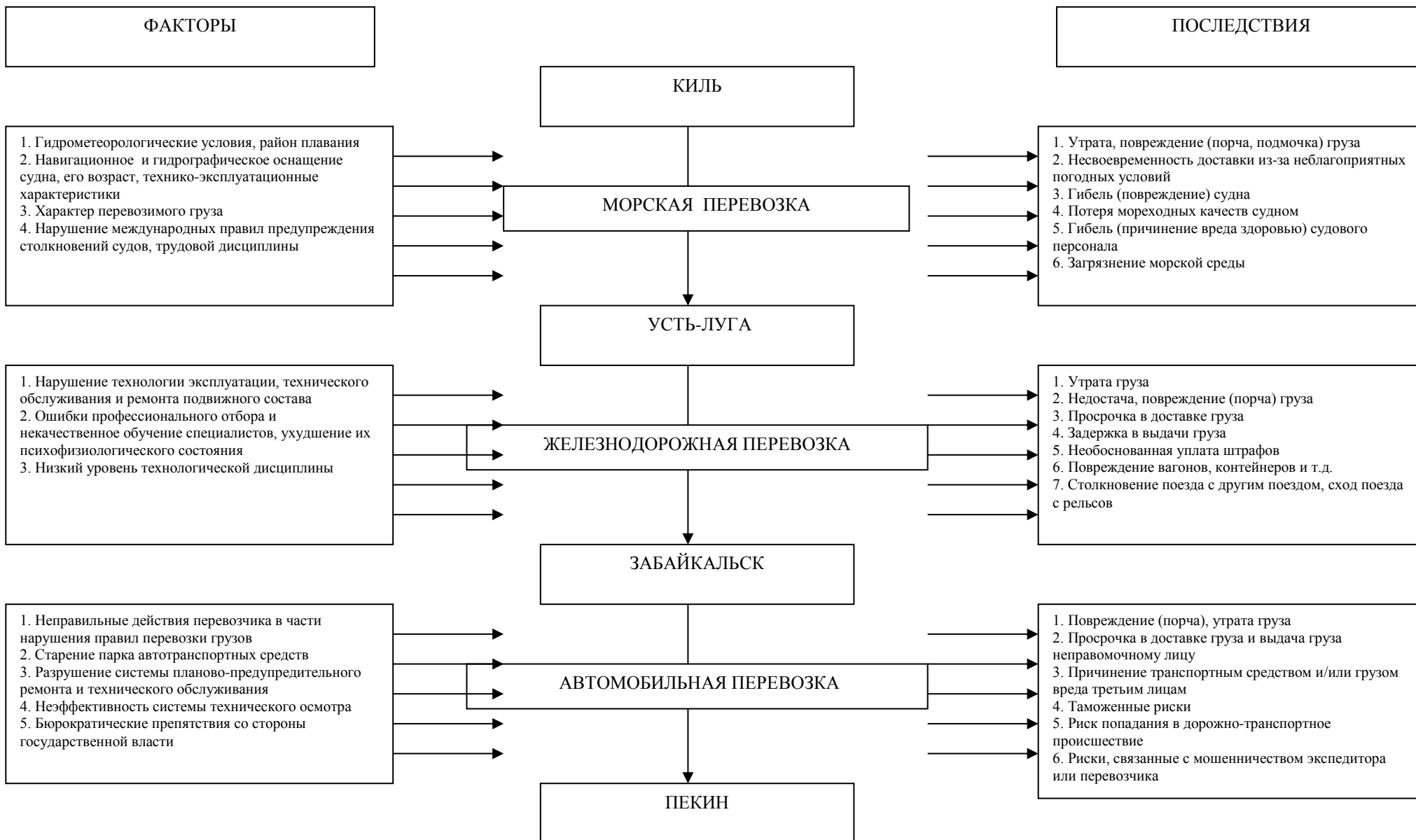


Рисунок 2.2 – Схема причинно-следственных связей факторов, действующих на перевозку, и их последствий

На железнодорожном транспорте встречаются следующие основные риски: риски отказа технических средств, крушения железнодорожных составов, сход части вагонов с рельсов, пожара и взрывов (например, цистерн с нефтепродуктами), ограбления и потери груза, повреждение вагонов и контейнеров.

Из многообразия рисков, которые наиболее часто встречаются в мультимодальных перевозках можно выделить три основных группы: 1) риски разрушения транспортного средства и потери груза; 2) риски аварий и аварийных происшествий, не повлекших потерю транспортных средств и груза; 3) риски отказа технических средств, обеспечивающих перевозку и сохранность грузов. На основе анализа большого числа (более 1500) аварий морских судов и наземных транспортных средств можно сделать вывод, что в общем виде сценарий аварийной ситуации развивается по схеме, представленной на рисунке 2.3.

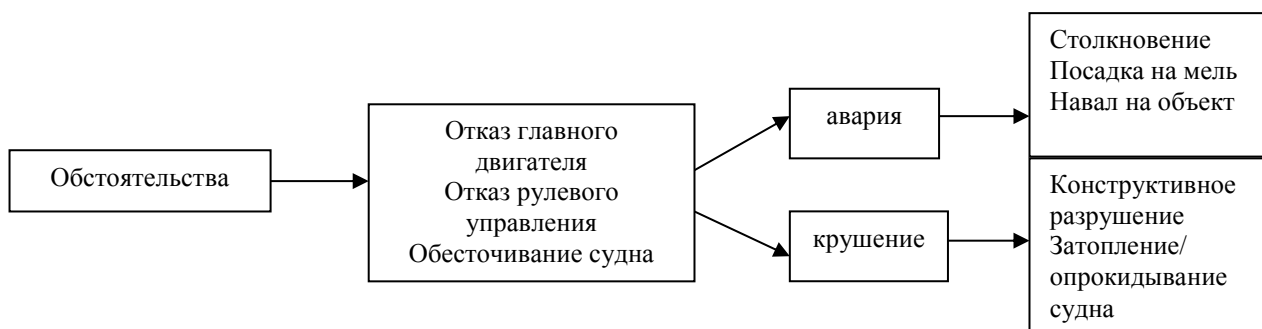


Рисунок 2.3 - Обобщенная схема развития сценария аварийной ситуации

Обстоятельства в нашем исследовании – это условие или совокупность условий, которые прямо или косвенно могут способствовать возникновению аварийной ситуации или непосредственно явиться причиной аварии. Например, обесточивание судна, следующего по фарватеру, часто является причиной возникновения аварийной ситуации и аварии.

В определенных условиях может возникнуть ситуация отсутствия необходимой информации о погоде, приближении урагана, цунами и т.д. В таких случаях причиной возникновения аварийной ситуации могут быть тяжелые

погодные условия, вследствие чего судно может потерять управление, быть выброшено на рифы и конструктивно разрушено.

Таким образом, обстоятельства/условия порождают риски отказов, ошибок, возникновения непреодолимых сил природы, что становится причиной аварий (столкновений, посадки на мель, гибели судна и груза).

Анализ аварий (ЧС) наземного транспорта (автомобильный, железнодорожный), перевозящего различные грузы, показывает, что сценарий развития ЧС/аварий может отличаться от изложенного лишь в незначительных деталях. Следовательно, такое представление сценария развития ЧС и аварий (рис. 2.3) можно использовать как общую модель при расчете интегральной оценки риска возникновения аварийных ЧС в процессе мультимодальных грузоперевозок.

В результате анализа схемы транспортного коридора, произведены расчеты для первого, второго и третьего отрезка пути, рассчитаны наиболее значимые (по принятым критериям) риски, результаты которых сводятся в таблицу.

Согласно статистическим данным, в результате транспортировки легковых автомобилей по маршруту Киль-Усть-Луга было в среднем повреждено $k=6$ автомобилей, вероятность повреждения одного автомобиля $p=0,02$, при этом интенсивность потока случайных событий $\lambda=400*0,02=8$. По специальным таблицам значений функции Пуассона [26, с. 357-359] определено, что $P_{6;400}=0,6866$. В результате природно-климатических факторов $k=8$, $p=0,02$, $\lambda=8$, $P_{8;400}=0,4074$. Вероятность наступления рисков, связанных с экономическими преобразованиями, равна $P_{12;400}=0,9609$ ($k=12$, $p=0,05$, $\lambda=20$).

Аналогичные расчеты произведены для сухопутной составляющей (железнодорожной и автомобильной):

$$P_{20;400}=0,0116 \quad (k=20, p=0,03, \lambda=12)$$

$$P_{8;400}=0,0214 \quad (k=8, p=0,01, \lambda=4) \quad (\text{Усть-Луга-Забайкальск – ж/д транспорт})$$

$$P_{10;400}=0,1841 \quad (k=10, p=0,02, \lambda=8)$$

$P_{10;400}=0,0028$ ($k=10, p=0,01, \lambda=4$) (Забайкальск – Пекин –автомобильный транспорт)

На основании произведенных расчетов построена таблица количественных оценок рисков мультимодальной грузоперевозки из порта Киль в город Пекин.

Таблица 2.1 – Количественные оценки рисков мультимодальной грузоперевозки из порта Киль в Пекин

Отрезок пути	Виды рисков	Количественные оценки рисков
Доставка груза из порта Киль в порт Усть-Луга на морском транспорте	Транспортный	0,6866
	Природно-климатический	0,4074
	Экономический	0,9609
Доставка груза из порта Усть-Луга до Забайкальска на железнодорожном транспорте	Транспортный	0,0116
	Природно-климатический	0,0214
Доставка из Забайкальска до Пекина на автомобильном транспорте	Транспортный	0,1841
	Природно-климатический	0,0028

Получив информацию о вероятности наступления неблагоприятного события и узнав возможные последствия рискованного случая, специалист может оценить риск.

Согласно таблицам 1.3 и 1.4 Параграфа 1.2 определяем вероятности ЧС (аварий) на морском транспорте, связанные с ошибками технического характера и навигационного характера.

$$P_{\text{тех. хар.}} = 20/2835 = 0,007$$

$$P_{\text{нав. хар.}} = 14/2835 = 0,005.$$

В таблице 2.2 представлена идентификация рисков, способных возникнуть в процессе доставки груза из порта Киль в порт Усть-Луга (морская составляющая).

Таблица 2.2 - Идентификация рисков на маршруте «Киль-Усть-Луга»

Компоненты	Составляющие
Внешние и внутренние условия перевозок	Район плавания, погодные условия, правовые ограничения, технико-технологические возможности и ограничения и т.д.
Возможные опасности	Навигационные, гидрологические, метеорологические, стесненность акваторий и интенсивность движения судов
«Провоцирующие» события	Внешние воздействия (ветер, течения, туманы, плотность движения судов Человеческий фактор
Чрезвычайные ситуации	Посадка на мель Столкновение Пожары, взрывы Несчастные случаи с людьми
Потери	Повреждения судна, сооружений в порту, навигационных ограждений Потери судна и фрахта Несчастные случаи с людьми Загрязнение окружающей среды Экономические

Окончание таблицы 2.2

Компоненты	Составляющие
Упреждающие мероприятия	Качественная подготовка машин и механизмов, судовых систем и судна в целом к выполнению рейса Прогнозирование будущих условий и поведения судна в экстремальных условиях, оценка возможных вариантов действий по снижению рисков Проверка качества и количества бункера, ГСМ, технического снабжения Подготовка экипажа к борьбе за живучесть Проверка уровня профессионализма экипажа
Методы и средства минимизации потерь	Повышение уровня готовности экипажа к действиям в экстремальных ситуациях Обеспечить готовность к использованию противопожарных систем и переносных средств Разработка вариативных планов действий в случаях пожара и затопления отсеков Тренинг экипажа по оставлению судна

Следующим этапом применения разрабатываемого подхода к интегральной оценке рисков ЧС при мультимодальных перевозках является определение весовых оценок каждого вида аварии, которая может возникнуть в случае наступления рискованного события, и определение коэффициента аварийности.

Для того чтобы определить весовые оценки, необходимо знать следующую информацию: общее количество судов (железнодорожных поездов, автомобилей), находящихся в эксплуатации, общее количество аварий, происшедших за

исследуемый период времени, количество конкретных типов аварийных случаев за тот же период времени.

На примере морского транспорта произведен расчет весовых оценок аварийности. Как было показано в таблице 1.4 Параграфа 1.2 за январь-сентябрь 2015 года произошло 38 аварийных случаев с судами на морском и речном транспорте. Из них навигационного характера 14: посадка на мель – 9; столкновения – 1; навалы – 2; потеря остойчивости в штормовых условиях – 2; технико-эксплуатационного характера 20 АС: повреждение главного двигателя 11, винто-рулевого комплекса -3.

Таким образом, **весовая оценка каждого типа аварии ($k_{\text{вес}}$)** будет определяться как отношение числа судов (n), подвергшихся данному разрушительному воздействию, к общему числу судов (N), потерпевших аварию [85, с.46-47] . Тогда весовые оценки по типам аварий будут следующие:

$k_{\text{вес}}$ риска посадки на мель – 0,237;

$k_{\text{вес}}$ риска столкновения – 0,026;

$k_{\text{вес}}$ риска навала –0,053;

$k_{\text{вес}}$ риска потери остойчивости в штормовых условиях – 0,053;

$k_{\text{вес}}$ отказа главного двигателя -0,55;

$k_{\text{вес}}$ повреждения винто-рулевого комплекса – 0,15.

Одним из важнейших моментов на данном этапе оценки рисков является определение коэффициента аварийности, который рассчитывается, как отношение числа аварийных случаев данного вида, происшедших с судами, к общему количеству судов, находящихся в эксплуатации [85, с. 46]. Таким образом, были получены следующие **значения коэффициентов риска аварийности ($k_{\text{ав}}$) для каждого типа аварии**: посадка на мель – 0, 003; столкновения –0,0004; навалы – 0,001; потеря остойчивости в штормовых условиях –0,001; отказ главного двигателя – 0,004; повреждение винто-рулевого комплекса – 0,001. В сумме коэффициенты риска аварийности дают значение 0,0104, что соответствует вероятности ЧС (аварий) на морском транспорте, связанной с ошибками навигационного технического характера.

Аналогичным образом можно определить весовые характеристики и коэффициенты риска возникновения аварийных случаев на железнодорожном и автомобильном видах транспорта. Например, в работе И.В. Мартынюка «Повышение безопасности железнодорожных перевозок опасных грузов с учетом взаимодействия с другими видами транспорта и окружающей средой» весовая оценка аварий на железнодорожном переезде с участием ж/д состава равна 0,335, а коэффициент аварийности – 0,147 [52, с. 53.]. Зная значения этих критериев, можно будет с достаточно высокой степенью вероятности оценить все риски, которые могут сопровождать процесс доставки груза на всем протяжении маршрута.

Использование весовых оценок имеет огромное значение в оценке рисков при различных видах перевозок.

В теории управления риском в социально-экономических системах [20; 42] риск – это мера для количественного измерения опасности, представляющая собой векторную (т.е. многокомпонентную) величину, измеренную, например, с помощью статистических данных или рассчитанную с помощью имитационных моделей, включающую следующие количественные показатели:

- вероятность возникновения (частоту возникновения) рассматриваемого опасного фактора;
- величину ущерба от воздействия того или иного опасного фактора;
- неопределённость в величинах, как ущерба, так и вероятности.

Прогнозируемый общий материальный ущерб - математическое ожидание величины материального ущерба техническим средствам морского, автомобильного и железнодорожного транспорта, собственности и окружающей среде в результате возникновения транспортных происшествий.

Оценка риска является составной частью управления безопасностью и заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и определения риска возможных нежелательных событий.

Рассмотрим возможный сценарий развития аварийных ситуаций. Из многообразия рисков, присущих работе флота на промысле и транспортировке грузов в порт, целесообразно выделить три основных группы:

- риски потери/гибели судов и груза;
- риски аварий и аварийных происшествий, не повлёкших потери судов и груза;
- риски отказа технических средств, обеспечивающих хранение, перевозку и сохранность грузов.

Был выполнен анализ большого числа аварий / аварийных происшествий рыболовных и транспортных судов [137; 138], на основе которого можно сделать вывод о том, что в наиболее общем виде аварийные ситуации в процессе работы флота на промысле и транспортировки сырья / продукции развиваются по следующему «сценарию»: внешние или внутренние обстоятельства (ошибки оператора, гидрометеорологические условия, отказы судовой техники и т. п.) приводят к авариям (посадка на мель, столкновения и т. п.). Последствия возможны в виде повреждения корпуса судна, поломки судового оборудования, затопления отсеков, потери промыслового вооружения и т. п.

При определённых обстоятельствах (отсутствие необходимой информации о погоде, приближении урагана, цунами и т. д.) причиной возникновения аварийной ситуации (чрезвычайной ситуации — ЧС) являются тяжёлые погодные условия. Вследствие этого ошвартованные «*борт- борт*» суда (обычный режим совместной работы добывающего и транспортного судов) могут быть повреждены и даже конструктивно разрушены. Таким образом, указанные ранее обстоятельства провоцируют риски возникновения ошибок, отказов техники и совместно с негативным влиянием природных факторов являются причиной аварий (столкновений, посадок на мель, потерей груза и даже судна и экипажа). Ранее приведённый «сценарий» развития ЧС и аварий рыболовных и транспортных судов при выполнении грузовых операций и транспортировке можно использовать как общую модель при расчёте риска возникновения

аварийных ЧС в процессе работы рыболовных судов на промысле и транспортного обслуживания рыболовного флота [137; 138].

Учитывая возможный описанный ранее «сценарий», важной задачей является оценка риска аварий рыболовных судов и промысловых происшествий в рыболовстве. Промысловые происшествия — это, прежде всего, потери орудий лова, связанные с такими провоцирующими причинами, как отказ технических средств, ошибки операторов промысловых судов при управлении процессами лова, гидрометеорологические условия и др. Отказ технических средств, например, гидроакустической станции, может явиться причиной зацепов и потери трала при работе на тяжёлых (например, скалистых) грунтах. Отказ траловой лебёдки также может стать причиной повреждения орудий лова, так как оператор не сможет управлять процессом движения трала (горизонт траления, изменение горизонта движения трала при обнаружении подводных препятствий и т. д.). Ошибки оператора, прежде всего, связаны с неверной оценкой ситуации, особенно при работе в группе судов, и, соответственно, неверным выбором манёвра. Ошибки оператора — это и недооценка степени влияния гидрометеорологических условий на процесс лова. Так, при угрозе шквалистых порывов ветра существует риск потери остойчивости судна при подъёме орудий лова (например, кошелькового невода) а также опрокидывания судна, следующего на попутном волнении [126].

Оценка риска аварий / промысловых происшествий может быть выполнена *методом экспертных оценок и методами теории вероятностей*. При этом для использования строгих математических методов необходимо иметь представительную статистическую базу, т. е. большой объем выборки данных по аварийности и промысловым происшествиям. Причём, эти данные должны быть сгруппированы по типам судов, районам промысла, видам аварий / происшествий, орудиям лова, причинам и последствиям, времени года / сезонам. Однако такой статистической базы, должным образом систематизированной, на сегодняшний день не существует. В связи с недостатком статистических данных по промысловым происшествиям и авариям рыболовных судов при ведении

промысла можно применить *метод экспертных оценок с использованием теории нечётких множеств*.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся на практике аварийные ситуации и методы оценки риска негативных последствий. Предположим, что в районе промысла работает группа рыболовных судов. Необходима оценка риска возникновения аварийной ситуации в этом случае. В процессе тралового лова в группе судов возможно появление трёх независимых событий, появление которых может создать аварийную ситуацию и явиться причиной аварии / промыслового происшествия: первое (A_1) — отказ гидроакустической станции; второе (A_2) — ошибка оператора; третье (A_3) — ошибка оператора другого судна. Требуется найти вероятностную оценку риска аварии / промыслового происшествия.

Алгоритм решения данной задачи содержит несколько этапов.

Первый этап — определение экспертных оценок вероятности того, что в течение процесса лова ни одно из событий: A_1, A_2, A_3 , не реализуется. Эксперты называют минимальные и максимальные значения вероятностей. Далее расчет выполняется по формулам [25; 26]:

$$P_i^{exp} = (P_i^{min} + 4P_i^{mp} + P_i^{max})/6, \quad (2.2)$$

где P_i^{exp} — априорная вероятность ожидания i -го отказа; P_i^{min} — минимальное значение вероятности i -го отказа; P_i^{mp} — наиболее вероятная величина вероятности i -го отказа; P_i^{max} — максимальное значение вероятности i -го отказа;

$$P_i^{mp} = (2P_i^{min} + P_i^{max})/3, \quad (2.3)$$

Дисперсия рассчитывается по формуле

$$\delta^2 = \frac{(P_j^{max} - P_j^{min})^2}{2}, \quad (2.4)$$

Предположим, что в результате расчётов были определены априорные вероятности появления событий $P(A_1), P(A_2), P(A_3)$, которые равны, соответственно, 0,95; 0,90; 0,85.

На втором этапе по формуле умножения вероятностей [25] рассчитывается вероятность того, что ни одно из независимых событий A_i не появится:

$$P(A_1 A_2 A_3) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot P(A_3) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,85 = 0,727 \quad (2.5)$$

Вероятность того, что событие i появится, соответственно, равна: $1 - 0,95 = 0,05$; $1 - 0,90 = 0,10$; $1 - 0,85 = 0,15$. Тогда вероятность того, что в процессе лова (например, траления) могут появиться все три события, которые могут явиться причиной аварии, т.е. вероятность / риск возникновения аварийной ситуации при тралении в группе судов равна: $P(A) = 0,05 \cdot 0,10 \cdot 0,15 = 0,00075$.

Анализ решения практических задач такого типа показывает, что, как правило, вероятность совместного наступления указанных событий мала, но в условиях работы судов в осенне-зимний период на небольших промысловых акваториях и при большом скоплении судов вероятность наступления аварийной ситуации резко возрастает. Например, при работе флота в районе Антарктиды в зимний период при априорных вероятностях 0,85; 0,75; 0,7, согласно оценке экспертов, хорошо знающих этот район промысла, вероятность риска аварии / промыслового происшествия возрастает до 0,011. Пренебрегать таким уровнем риска становится уже опасно.

2.2 Методика формирования интегральной оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках

Методика расчета риска строится на основе использования статистической модели безопасности перевозок различными видами транспорта и общей модели сценария развития ЧС (рис. 2.3). 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.

Теория статистических решений служит для выработки рекомендаций по рациональному образу действий в условиях неопределенности и связанного с ней риска. Здесь мы имеем дело с объективными обстоятельствами – «природой». В

играх с «природой» предположение, как противник поступит и построит свою тактику, сделать нельзя, именно это усугубляет неопределенность обстановки, усиливает риск и тем самым усложняет принятие решения.

Учитывая, что аварийность и риск возникновения ЧС обладают ярко выраженным случайным характером, для оценки риска используются методы теории вероятности и математической статистики [25; 26; 30].

Необходимо отметить, что при исследованиях аварийности в различных областях технические подходы к оценке риска могут быть самыми различными. Среди наиболее распространённых [20; 42; 65; 75; 85]:

- представление аварий и ЧС в виде потока случайных событий, что позволяет прогнозировать состояние системы на основе использования теории Марковских процессов (так как авария – это сложный эргодический процесс);

- метод оценки риска аварий, основанный на допущении о существовании допустимых и опасных значений параметров исследуемых технологических процессов, т.е. вероятность ЧС, интерпретируется как параметрический отказ системы.

Главный недостаток экспертных оценок - невозможность определения степени риска. Именно вероятностные методы не только позволяют определить степень риска, но и дать довольно точный прогноз.

Основными задачами оценки риска аварий на транспорте являются:

- оценка частот (среднегодовых вероятностей) возникновения и развития аварий на транспорте по всем основным сценариям;

- оценка последствий возникновения и развития основных сценариев аварий на транспорте;

- обобщение полученных оценок.

В практике грузоперевозок встречаются ситуации, когда число выполняемых флотом/или другим транспортом рейсов достаточно велико, а вероятность аварии, порчи или потери груза мала – это, так называемые, редкие события. В случаях, когда вероятность редких событий незначительна, они следуют распределению Пуассона [26, с. 90-95].

Таким образом, аварии транспортных средств и связанные с этим случаи потери/порчи груза относятся к числу редких событий, которые распределяются по закону Пуассона. Действительно, вероятность аварии отдельного транспортного средства (например, судна) в течение сравнительно небольшого интервала времени, например 1 месяца, мала, но так как число судов велико, то в среднем в этом интервале времени может произойти некоторое количество аварий. Если считать, что авария одного судна не исключает вероятность аварии другого судна, то можно утверждать, что аварийность следует распределению Пуассона.

Проводимые многочисленные эксперименты и использование статистических данных (рядов динамики) показывают, что по имеющейся статистической информации об авариях на транспорте реально возможно оценить только соответствие показателей состояния безопасности движения по экспоненциальному или пуассоновскому закону распределения с постоянной и переменной интенсивностью событий [25; 26; 30]. Система статистических данных об авариях, маркированных по времени рассматривается как одна реализация некоего абстрактного пуассоновского процесса [26, с. 92].

Рассмотрим стационарный пуассоновский поток событий, для которого вероятность того, что на отрезке времени длины τ наступит ровно k событий, может быть рассчитана по формуле [26, с. 92-93.]:

$$P_m(k) = \frac{a^k e^{-a}}{k!}, \quad (2.6)$$

Тогда статистическая модель безопасности грузоперевозок имеет вид

$$P \{X(t, \tau) = k\} = \frac{a^k e^{-a}}{k!}, \quad (2.7)$$

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.)

Формула (2.7) используется в случаях, когда число испытаний велико, а вероятность появления события P в каждом испытании очень мала, что соответствует данным аварийной статистики на транспорте.

Поскольку общий поток опасных событий на транспорте складывается из частных потоков случайных событий по ряду причин (на различных этапах грузоперевозок), то становится возможным использование фундаментального положения теории потоков. Сумма независимых пуассоновских потоков является также пуассоновским потоком.

При разработке методики оценки риска для морских судов принимались следующие допущения:

1. Возникновение и развитие ЧС протекает по сценарию, представленному на рисунке 2.1.

2. Аварийные происшествия проявляются в виде двух групп последовательных событий A_j^l и B_i .

3. Группа первоначальных событий A_j^l представляет собой опасные отказы j -го вида ($j=1,2,\dots,J$) l -го класса ($l=1,2,\dots,L$) отказов объектов технической системы морского транспорта, являющиеся причиной столкновений судов и их посадки на мель. События A_j^l представляют собой полную группу несовместных событий. Другими словами, только одно событие A_j^l может служить в рейсе причиной столкновения, затопления, посадки на мель при движении судов.

4. Вторая группа событий B_i представляет собой совместные события, одно из которых возникает с определенной вероятностью после наступления события A_j^l и проявляется как столкновение, посадка на мель судна в рейсе с i -м видом последствий (B_1 - крушение; B_2 - столкновение; B_3 – посадка на мель).

Тогда вероятность появления события A_j^l ($j=1,2,\dots,N$), ($l=1,2,\dots,L$) из полной группы несовместных событий примет вид [26, с. 93]:

$$P(A_j^l) = \sum_{i=1}^3 N_{B_i|A_j^l} / \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^3 N_{B_i|A_j^l}, \quad (2.8)$$

где $N_{B_i|A_j^l}$ - общее количество аварийных случаев на единицу времени с i -м видом последствий из-за j -го вида опасного отказа l -го класса объектов морских судов (число событий $B_i|A_j^l$) за анализируемый период.

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 [26, с. 93; 85, с. 46-48]:

$$P(A_{ji}^l) = \frac{\sum_j \sum_i \sum_l N_{jil}}{\sum_l N_l}, \quad (2.9)$$

Весовые оценки отказов j -го вида с i -ым ущербом в районах плавания l рассчитываются по формуле [26, с. 93-94]:

$$\omega(A_{ji}^l) = \frac{\sum_l N_{jil}}{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}, \quad (2.10)$$

Прогностические оценки вероятности отказа технических средств могут быть определены с использованием теории Марковских процессов [44, с.114-115.].

Общая интенсивность возникновения событий $B_i|A_j^l$, приходящуюся на один час рейса судна [65, с. 252; 75, с. 13]:

$$\lambda_{B_i|A_j^l} = \frac{Z(B_i|A_j^l)}{\bar{T}}, \quad (2.11)$$

Где $z(B_i|A'_j)$ - общее среднее число событий $B_i|A'_j$, происходящих на одно судно за анализируемый период; \bar{T} - среднее время рейса судна за анализируемый период.

Уровни безопасности движения судов на различных участках плавания сильно отличаются. Очевидно, что и оценка аварийного риска при движении судна по определенному маршруту должна зависеть от состояния безопасности именно на этом маршруте.

Для оценки интенсивностей возникновения событий $B_i|A'_j$, происходящих на один час рейса судна по m -му маршруту, используется соотношение [75, с. 11-12]:

$$\lambda_{B_i|A'_j}^m = \mu_m \cdot \lambda_{B_i|A'_j}, \quad (2.12)$$

где μ_m - показатель безопасности движения по m -му маршруту, определяемый по формуле:

$$\mu_m = M \bar{g}_m / \sum_{m=1}^M \bar{g}_m, \quad (2.13)$$

где $\bar{g}_m = n_m^k / q_m^k$ - среднее значение интегрального показателя безопасности движения для m -му маршруту за анализируемый период,

n_m^k - количество случаев столкновений на m -ом маршруте за k лет,

q_m^k - объем проводимых спасательных работ на m -м маршруте морской перевозки за k лет (млрд. т-км брутто),

M – количество вариантов маршрутов на морском транспорте.

Исходя из предположения, что вероятность того, что за время $t \leq T$ (t – момент времени при движении по маршруту, T – время движения по всему маршруту) движения судна по определенному маршруту не произойдет событие $B_i|A'_j$, не зависит от предыстории функционирования морского транспорта, можно

получить следующие формулы для расчета (общего) аварийного риска возникновения событий $B_i|A_j^l$, B_i ($B_i = \dot{\bigcup}_{j=1}^J B_i|A_j^l$) и B ($B = \dot{\bigcup}_{i=1}^3 B_i$) за время $t \leq T$ движения судна [75, с. 11-14]:

$$R(B_i|A_j^l) = 1 - \exp(-\lambda_{B_i|A_j^l} T), \quad (2.14)$$

$$R(B_i) = \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l), \quad (2.15)$$

$$R(B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l) \quad (2.16)$$

Вероятности $P(A_j^l)$ являются «субъективными», априорными вероятностями, так как причина столкновений судов A_j^l устанавливается путем экспертных оценок в ходе служебного расследования обстоятельств аварийного происшествия с судном.

Поэтому группу событий A_j^l можно рассматривать как группу «гипотез», которые порождают события B_i . Применяя теорему Байеса, на основании формулы умножения вероятностей получим вероятности [26, С.20-21; 75, с.11-13]:

$$P(A_j^l|B_i) = \frac{P(A_j^l) \cdot P(B_i|A_j^l)}{\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L P(A_j^l) \cdot P(B_i|A_j^l)}, \quad (2.17)$$

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 $P(B_i|A_j^l)$, можно найти максимальное значение вероятности, т.е. определить, какие события A_j^l с максимальной вероятностью приводят к событию B_i . Вероятности, которые рассчитываются по формуле 2.17, можно интерпретировать как апостериорные (с учетом результатов натурального эксперимента) вероятности того, что событий A_j^l порождают именно события B_i .

Найдя максимум вероятности $A_j^l|B_i$ тем самым можно установить какие события A_j^l с максимальной вероятностью приводят к событиям B_i .

Аварийный риск возникновения событий $B_i|A_j^l$, B_i и B при движении судна по конкретному маршруту (по участкам маршрутов m_1, m_2, \dots, m_L за время $t \leq T_{m_1} + T_{m_2} + \dots + T_{m_L}$, где m_l – некоторые числа интервала от 1 до M) можно рассчитать по формулам [75, с. 11-13; 93, с. 109-116]:

$$R_M(B_i|A_j^l) = 1 - \exp\left(-\sum_{m_l} \lambda_{B_i|A_j^l}^{m_l} T_{m_l}\right), \quad (2.18)$$

$$R_M(B_i) = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J R_M(B_i|A_j^l), \quad (2.19)$$

$$R_M(B) = \sum_{i=1}^3 R_M(B_i) \quad (2.20)$$

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:

$$\gamma_{(B_i|A_j^l)} = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_l}, \quad (2.21)$$

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

$$\gamma_{(B_i|A_j^l)}^{\sum S} = \frac{\sum_j \sum_l \sum_i N_{jil}}{T_l \times \sum_l S_{IT}}, \quad (2.22)$$

где $\sum_l S_{IT}$ – 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 [75, с. 11-14; 93, с.109-116]:

$$R(B_i|A_j^l) = 1 - \exp(-\gamma_{B_i|A_j^l} T_l), \quad (2.23)$$

$$R(B_i) = \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i|A_j^l), \quad (2.24)$$

$$R(B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^J P(A_j^l) \cdot R(B_i | A_j^l) , \quad (2.25)$$

Цена риска аварий R_i^l может быть рассчитана как произведение вероятности аварии $P(B_i | A_j^l)$ на величину предполагаемого ущерба $\int W_i^l dl$ (функцию ущерба в случае одной единицы транспорта/судна) [75, с. 13]:

$$R_i^l = P(B_i | A_j^l) \int W_i^l dl , \quad (2.26)$$

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

2.3 Расчет количественных показателей интегральных оценок рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в морских и мультимодальных грузоперевозках

В рассматриваемом примере мультимодальной перевозки «Киль – Пекин» (принята, как наиболее общая) рассматриваются две основных составляющих маршрута – морская и сухопутная (наземная), задействованы три вида транспорта.

На основе анализа аварийности установлено, что первопричинами аварий в основном являются отказы технических средств (главного двигателя, винторулевой группы, обесточивание судна, тяжелые погодные условия, форс-мажорные обстоятельства, ошибки операторов и т.д.).

Таким образом, при формировании интегральных оценок риска учитываются причинно-следственные связи аварий, расчеты рисков по видам причин и последствий, что позволяет на основе статистических данных и экспертных оценок, рассчитать вероятность аварийных рисков на маршруте мультимодальных грузоперевозок.

Рассмотрим оценку риска аварий / промысловых происшествий в случае совместного появления двух и более зависимых событий. Определим событие B_i как причину i -го ущерба, причиненного рыболовному судну / орудиям лова / окружающей среде (загрязнение моря). Риск при ведении промысла можно оценить математическим ожиданием ущерба от возможной аварии.

Цена риска рассчитывается по формулам [65; 85; 108]:

$$R = M(w), \quad (2.27)$$

где $M(w)$ — функция ущерба.

Составляющие риска промысловых аварий или причинения вреда судну можно представить следующим выражением:

$$R = M(w) = \sum P(B_i) * w_i, \quad (2.28)$$

где $\sum P(B_i)$ — вероятность события B_i ;

w_i — предполагаемая сумма ущерба.

Рассмотрим методы оценки риска аварий R_A . С этой целью определим событие причинения i -го вида ущерба судну / орудиям лова при аварии B_i :

$$B_i = A \cap C_i, \quad (2.29)$$

где A — событие (авария/промысловое происшествие); C_i — событие (реализация аварии / промыслового происшествия по i -му сценарию).

Так как A и C_i — совместные события, вероятность события, связанного с причинением ущерба судну при аварии, определяется [25; 26], в виде

$$P(B_i) = P(A \cap C_i) = P(A)P(C_i|A), \quad (2.30)$$

Подставив выражение (2.29) в выражение (2.27), получим

$$R_A = \sum P(A)P(C_i|A)w_i, \quad (2.31)$$

где $P(A)$ — причины возникновения риска аварии R_A ; $P(C_i|A)w_i$ — ожидаемые последствия аварии.

Оценка причинно-следственных составляющих риска выполняется с использованием статистических методов, методов нечётких множеств и экспертных оценок, имитационных методов моделирования аварийных ситуаций / сценариев. Оценка ожидаемых последствий аварий / промысловых происшествий

с рыболовными судами базируется в основном на анализе дерева событий с использованием математического аппарата [20; 26].

Пример практической реализации метода. Рейс рыбопромыслового судна проходит в различных гидрометеорологических условиях. В частности, 50 % времени рейса судно работает в хороших погодных условиях, 30 % времени — в условиях плохой погоды, но работать на промысле можно, 20 % времени судно работает, а чаще не работает в тяжёлых погодных условиях. По оценкам экспертов, рассчитаны априорные вероятности (формулы (1) – (3)) безаварийной работы в условиях хорошей, плохой и тяжёлой погоды, которые равны, соответственно, 0,98; 0,95; 0,80. Необходимо определить вероятность того, что рейс закончится без аварий и промысловых происшествий.

Введём обозначения: A – событие, означающее успешное завершение рейса; B_1, B_2, B_3 — события, означающие работу судна в разных условиях. Тогда $P(B_1) = 0,50$; $P(B_2) = 0,30$; $P(B_3) = 0,20$.

Поскольку событие A наступает при условии появления одного из событий B_1, B_2, B_3 , которые образуют полную группу несовместных событий, вероятность события A равна сумме произведения вероятностей каждого события на условную вероятность, соответственно, событий B_1, B_2, B_3 :

$$P_A = \sum_{i=1}^n P(B_i)P(A|B_i), \quad (2.32)$$

Имеем следующие условные вероятности: $P(A|B_1) = 0,98$; $P(A|B_2) = 0,95$; $P(A|B_3) = 0,87$. По формуле (2.30) рассчитаем вероятность того, что рейс будет выполнен без аварий и промысловых происшествий: $P(A) = 0,5 \cdot 0,98 + 0,3 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,87 = 0,949$. Итак, вероятность благоприятного исхода рейса рыболовного судна равна 0,949, а вероятность аварии или промыслового происшествия — $(1 - 0,949) = 0,051$. Таким образом, в случае аварии или промыслового происшествия при величине ущерба, например, 5 000 000 руб., цена риска составит $0,051 \cdot 5\,000\,000 = 255\,000$ руб., что является, в частности, для среднего рыболовного траулера не столь значительной суммой по сравнению с получаемой прибылью.

Представляется важным провести интегральную оценку риска в рыболовстве, которая может быть представлена в следующем виде:

– как сумму вероятностей возникновения аварий на каждом этапе промысловой работы рыболовного судна;

– как средневзвешенную вероятность риска возникновения аварии;

– как средневзвешенную цену риска аварии;

– как сумму цены риска по каждому этапу промысловой работы судна.

Теоретические основы формирования интегральной оценки риска представлены в работах [25; 26; 46; 49].

Алгоритм формирования интегральной оценки риска можно представить следующим образом:

1. Определить априорные вероятности возникновения отказов согласно статистическим данным или экспертным оценкам (minimax) по формулам [26, с. 20-21]:

$$P_j^{ож} = \frac{P_j^{\min} + 4P_j^{HB} + P_j^{\max}}{\delta}, \quad (2.33)$$

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 2.34 [26, с. 27-28.].

$$\delta^2 = \frac{(P_j^{\max} - P_j^{\min})^2}{2}, \quad (2.34)$$

$$P_j^{HB} = \frac{2P_j^{\min} + P_j^{\max}}{3}, \quad (2.35)$$

2. По формуле (2.10) (см. Параграф 2.2) определить весовые оценки j -го вида отказов/условий, которые повлекли за собой аварии.

3. По формуле (2.17) (см. Параграф 2.2) 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 V_i (авариям i -го вида).

5. Сформировать интегральную оценку вероятности возникновения ЧС и событий V_i (аварии). Интегральная оценка $P(V_i|A_{jl})$ 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, в свою очередь, определяется путем умножения вероятностей возникновения аварии на ущерб от нее [85, с. 46-48].

$$R_{cp} = \sum_i \sum_l \omega_{il} \times R_{il}, \quad (2.36)$$

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

Оценка риска перевозки по заданным маршрутам на морском транспорте (из порта Киль в порт Усть-Луга) может быть представлена как сумма рисков от ущерба на морском транспорте, связанного с кораблекрушением, с отказами технических средств и при взаимодействии с другими видами транспорта:

$$R_w = R_1 + R_2 + R_3, \quad (2.37)$$

где R_1 – риск ущерба, связанный с кораблекрушениями;

R_2 – риск ущерба, связанный с отказами технических средств;

R_3 - риск ущерба, связанный с авариями на морском, железнодорожном и автомобильном транспорте при взаимодействии с другими видами транспорта.

Схема мультимодальной грузоперевозки из порта Киль в Пекин, в упрощенном виде выглядит следующим образом:

«морской транспорт – ж/д транспорт – автотранспорт»

На каждом звене логистической цепи и виде транспорта с учетом сезона и климатических зон определяются факторы риска и отбираются наиболее

значимые, определяются априорные вероятности риска возникновения ЧС.

Вероятности можно определить на основе:

- использования статистических данных по аварийности в целом и видам аварий в частности;
- экспертных оценок;
- экспертных оценок и результатов обработки статистических данных.

Однако следует отметить, что в практике оценки рисков в основном используются методы экспертных оценок. Впрочем, эксперты также обращаются к статистическим данным, если таковые имеются. Между тем, если говорить о создании систем управления рисками, то одним из необходимых элементов таких систем следует считать систему мониторинга, сбора и систематизации статистических данных по аварийности, потери/порче грузов, гибели людей и т.д.

Вводятся следующие обозначения:

- p_{ij} - вероятность риска возникновения ЧС i -го вида на j -м виде транспорта;
- P – вероятность возникновения ЧС хотя бы одного вида при прохождении морским судном звена А-В;
- P (В-С) – вероятность возникновения ЧС хотя бы одного вида при прохождении ж/д-транспортом звена В-С;
- P (С-Д) – вероятность возникновения ЧС хотя бы одного вида при прохождении автомобильным транспортом звена С-Д.

Далее для каждого звена и вида транспорта определяют виды рисков, которые при этом могут возникнуть. Например,

Звено С-Д:

- вероятность выхода из строя двигателя автомобиля – p_{11} ;
- вероятность повреждения ходовой части автомобиля – p_{12} ;
- вероятность значительного повреждения автомобиля вследствие столкновения, не позволяющего продолжить рейс – p_{13} .

Вероятность того, что автомобиль не сможет продолжить рейс (событие –S), можно определить, используя методы сложения и умножения вероятностей [25; 26]. Так, рассматриваются два совместных события:

- технические неисправности автомобиля – событие (G);
- выход из строя автомобиля по причине столкновения - событие (R).

$$\text{Тогда } P(S) = P(G) + P(R) - P(GR) = p_{11} p_{12} + p_{13} - p_{11} p_{12} p_{13}, \quad (2.38)$$

Рассмотрим практический пример схемы вычисления вероятностной оценки риска возникновения ЧС.

Экспертные оценки априорных вероятностей имеют следующие значения:

$$p_{11} = 0,005; p_{12} = 0,007; p_{13} = 0,008.$$

По формуле (2.38) рассчитывается:

$$P(S) = 0,005 \times 0,007 + 0,008 - 0,005 \times 0,007 \times 0,008 = 0,008$$

Таким образом, уровень риска, что автомобиль, следующий по звену «С-D» логистической цепи «А-D», не сможет выполнить рейс по причине аварийного случая оценивается вероятностью $P(S)=0,008$.

Для расчета цены риска необходимо рассчитать стоимость транспортного средства (или его ремонта), груза и фрахта/аренды. И затем выполнить расчет цены риска по формуле [50, с. 64-66; 75, с. 11-14]:

$$R_3 = \sum_j r_n \times W_j, \quad (2.39)$$

где r_n – вероятность аварии на пересечении маршрутов транспорта;

W_j – функция распределения ущерба на пересечении маршрутов, например, при ДТП [83].

Определено, что в результате расчета стоимости транспорта/ремонта, порчи груза, не реализованной транспортировки (фрахта, аренды) определена сумма 3 660 000 рублей. Тогда цена риска составит:

$$R_я = 0,008 \times 3\,660\,000 = 29\,280 \text{ руб.}$$

Аналогично выполняются расчеты вероятностных оценок риска на ж/д транспорте и при перевозке морским транспортом. Рассчитанные вероятности

возникновения ЧС на ж/д и морском транспорте (вероятность невыполнения или существенной задержки рейса (срыва срока поставок) $P(S_r) = 0,006$ и $P(S_s) = 0,005$ соответственно. Тогда величина совокупного риска срыва сроков или невыполнения поставки грузов можно определить по формуле сложения вероятностей:

- вероятность суммы двух и более не совместных событий равна сумме вероятностей этих событий [26, с. 20-21]:

$$P_{\Sigma}(S) = P(S_a) + P(S_r) + P(S_s), \quad (2.40)$$

$$P_{\Sigma}(S) = 0,008 + 0,006 + 0,005 = 0,019.$$

Минимальные потери «имущества» (транспорт, груз, фрахт) составят 3 660 000 рублей, а максимальные (морские перевозки) составят 12 000 000 рублей, тогда наиболее вероятную сумму убытков можно рассчитать по формуле

$$W_{\text{нв}} = (2 W_{\text{min}} + W_{\text{max}}) / 3, \quad (2.41)$$

$$W_{\text{ож}} = 6,44 \text{ млн.руб}$$

дисперсия

$$\sigma^2 = 0,012(W_{\text{max}} - W_{\text{min}})^2, \quad (2.42)$$

$$\sigma^2 = 0,83 \text{ млн.руб}$$

Цена совокупного риска возникновения ЧС в процессе мультимодальной перевозки составит:

$$R_{\text{я}} = 0,019 \times 6,44 \text{ млн.руб} = 0,12236 \text{ млн.руб. или } 122\,360 \text{ рублей.}$$

Для принятия решения в части допустимости риска (предполагается, что угрозы для жизни людей нет) необходимо сравнить цену риска с величиной ожидаемой прибыли за выполнение перевозки. В случае если величина ожидаемой прибыли выше цены риска, то такой риск по коммерческим соображениям допустим. Например, в рассматриваемом примере сумма ожидаемой прибыли составляет 2 350 000 руб., что намного превышает цену риска.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

Методика оценки рисков в морской индустрии строится на основе использования общей модели сценария развития аварийных ситуаций, теории нечётких множеств и экспертных оценок. При расчёте оценок риска необходимо учитывать причинно-следственные связи в логике: «обстоятельства/условия — причины — следствия».

Предложенная методика оценки рисков включает как методы расчёта вероятностных оценок рисков в океаническом рыболовстве, так и расчёты цены риска, т. е. ожидаемой величины ущерба судну, грузу, окружающей среде в случае, если ситуация риска будет реализована (произойдёт авария).

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

В работе предлагается использовать методику интегральной оценки риска, при помощи которой анализируются и рассчитываются оценки рисков по каждому элементу, каждому звену транспортно-логистической цепи, после чего рассчитывается оценка совокупного риска. Практическое использование методики интегральной оценки риска позволяет уже на этапе начального проектирования транспортно-технологических схем (ТТС) морских грузоперевозок оценить альтернативные варианты по критериям риска и разрабатывать мероприятия по снижению уровня риска в целях повышения безопасности перевозок и сохранности грузов. При этом для каждого отдельного этапа перевозки производится анализ факторов, влияющих на процесс перевозки, определяются факторы риска и рассчитываются прогностические оценки риска ЧС.

Уровень допустимого риска определяется путем сравнения цены риска с величиной ожидаемой прибыли, которую получит судовладелец при выполнении рейса. В случае если величина ожидаемой прибыли выше цены риска, то такой

риск можно считать допустимым (предполагается, что угрозы для жизни людей нет).

3 МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МОРСКИХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗКАХ

3.1 Модель и структура комплекса задач управления рисками в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок

На сегодняшний день морские и мультимодальные перевозки в целом занимают доминирующее положение в общем объеме перевозок. В настоящее время ежегодно не только в нашей стране, но и в других развитых странах возникает очень много ЧС как природного, так и техногенного характера, при этом значительно увеличивается тяжесть их последствий.

В связи с этим актуальной является задача разработки эффективных методов управления безопасностью и, в частности, управления рисками чрезвычайных ситуаций.

Управление рисками, часто используемое понятие в системах управления безопасностью, реализуется в принятии решений на базе оценок рисков как комплексном учете различных аспектов. Анализ рисков можно рассматривать (представить) как определение баланса между «за» и «против» с учетом, как последствий принятого решения, так и вероятности исхода последующего события.

Формирование и оценка системы управления (манипулирования) рисками мультимодальных перевозок разработана на основе обоснования методов, инструментария диагностики и идентификации рисков в сфере транспорта.

Рассматривая такое понятие, как «управление риском», нужно, прежде всего, сказать о разработке программ и комплекса мер, которые бы оптимизировали и эффективно реализовывали принимаемые решения в области обеспечения перевозок.

С другой стороны, управление риском можно рассматривать как деятельность, которая направлена и основана на оценке уровня риска. При этом,

чем меньше затрат необходимо для целей обеспечения нормативных значений показателей безопасности перевозок, тем выше эффективность управления рисками. Система управления рисками, в частности, на транспорте – это совокупность взаимосвязанных процессов и операций, ориентированных на достижение единой цели – снижения уровня риска на всех видах транспорта в процессе грузоперевозок.

Важной составной частью такого управления является система управления рисками чрезвычайных ситуаций (или управления природной, техногенной и социальной безопасностью населения) [14; 65].

В результате анализа практики грузоперевозок, а также работ отечественных и зарубежных исследователей были выявлены недостатки существующей системы управления грузоперевозками. Основные недостатки – это, прежде всего, то, что в практике управления мультимодальными грузоперевозками не реализуется или реализуется лишь формально функция управления рисками, а также недостаточно разработаны вопросы прогнозирования и оценки рисков.

Для того чтобы эффективно управлять рисками чрезвычайных ситуаций на транспорте, а также при осуществлении мультимодальных грузоперевозок необходимо анализировать риски и прогнозировать чрезвычайные ситуации на всех этапах перевозок, развивать систему мониторинга, предупреждения и ликвидации ЧС, проводить аварийно-спасательные работы. Высокий уровень подготовки руководящего состава, а также специалистов и населения в области снижения рисков и уменьшения масштабов ЧС – немаловажный фактор эффективного управления рисками на транспорте.

Предложен усовершенствованный вариант схемы управления рисками в процессе организации грузоперевозок, который представлен на рисунке 3.1.

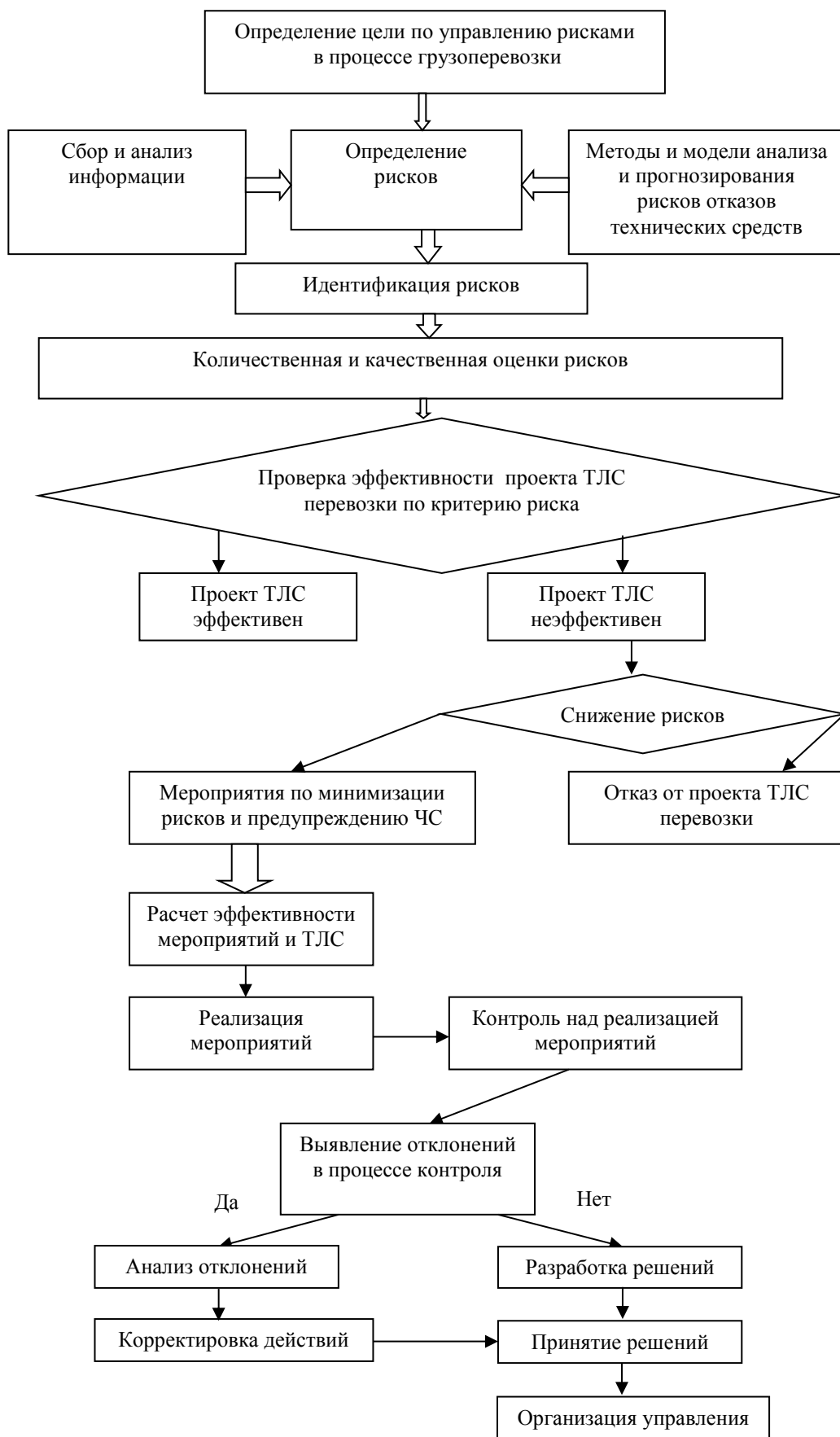


Рисунок 3.1 - Модель управления рисками в процессе организации перевозок грузов

Основываясь на результатах анализа, можно сформулировать основные задачи управления безопасностью мультимодальных грузоперевозок:

- проектирование ТЛС доставки грузов;
- анализ факторов, влияющих на процесс перевозок;
- идентификация факторов риска;
- мониторинг ЧС и аварийности на транспорте;
- систематизация факторов риска и причинно-следственных связей;
- расчет рисков;
- формирование интегральной оценки рисков;
- разработка организационно-технических мероприятий по снижению уровня рисков;
- определение допустимого уровня рисков;
- определение параметров контроля над процессом морских и мультимодальных грузоперевозок (время, условия);
- анализ и предупреждение нештатных ситуаций (контроль и мониторинг текущих ситуаций);
- разработка мероприятий по минимизации последствий аварий;
- организация спасательных операций;
- подготовка кадров в области безопасности грузоперевозок и управления риском ЧС.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что система управления рисками позволяет не только судоходным компаниям, но и всем сторонам, вовлеченным в мультимодальную грузоперевозку, прогнозировать возникновение того или иного риска и оценивать его последствия, при этом планировать перевозки в различных направлениях с учетом рисков. При этом обязательно должны разрабатываться мероприятия по снижению уровня рисков и их контролю на всех уровнях перевозки. И в случае угрозы возникновения ЧС участники перевозочного процесса должны принять адекватные рациональные решения.

В основу системы управления рисками на морском транспорте положены следующие принципы: системности; интеграции (интегрированный подход к управлению рисками); сочетания экспертных и научных методов.

Технология управления рисками включает: мониторинг текущей ситуации, краткосрочное прогнозирование, определение возможных рисков, разработку мероприятий по минимизации рисков, принятие решений и контроль выполнения принятых решений.

Оценка уровня риска, а также его управление является важными составляющими при разработке и реализации управленческих решений. При этом необходимо отметить, что управление рисками в процессе грузоперевозки осуществляется не ради того, чтобы снизить уровень риска, а ради повышения качества предоставляемой услуги и, соответственно, обоснованности принимаемого управленческого решения.

В общем виде система управления рисками может быть представлена четырьмя основными блоками (см. рис. 3.2):

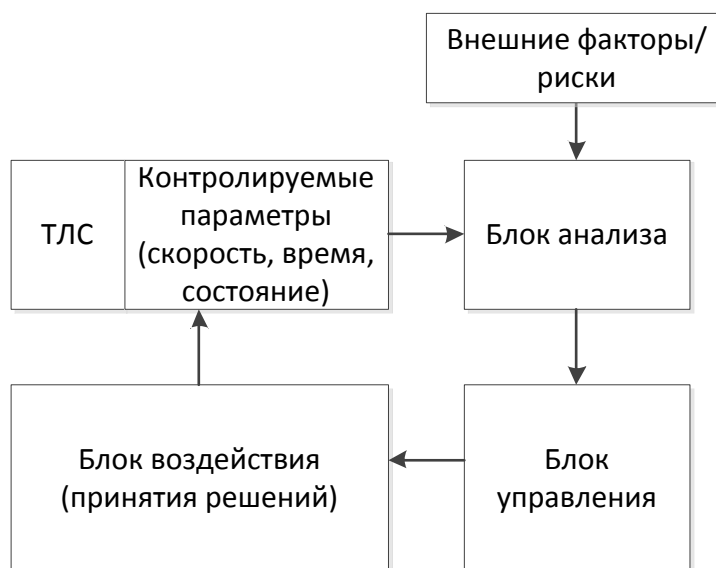


Рисунок 3.2 – Основные элементы системы управления рисками

В общем виде системная модель управления рисками может быть представлена, как показано на рисунке 3.3 [85; 113]:

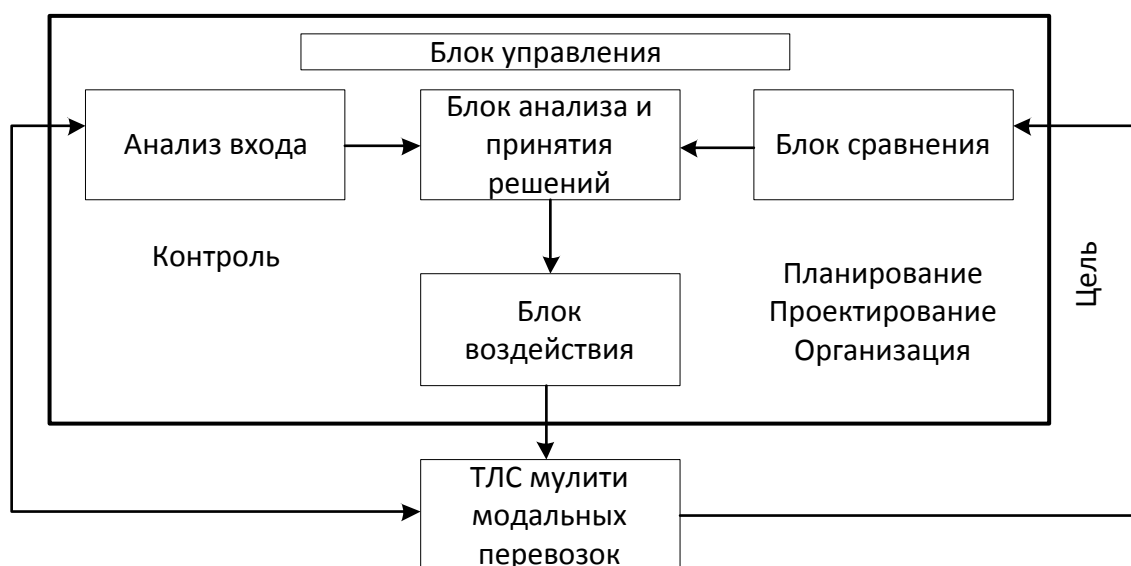


Рисунок 3.3 –Системная модель управления рисками (общая схема)

Из общей схемы модели управления рисками под контролем следует понимать контроль необходимых показателей безопасности на транспорте, а именно [111; 134]:

1. Показатель безопасности перевозки груза (пассажиров).
2. Показатель безопасности движения судна/автомобиля/вагона по маршруту.
3. Показатель безопасности функционирования технического средства.
4. Показатели рисков ущербов определенных объемов.

С целью минимизации потерь необходимо принимать рационально-правильное управленческое решение.

Для этого в работе рассмотрим пример, как на практике осуществляется принятие управленческого решения на основе оценки риска при использовании заданных критериев.

В порту Бангкок под выгрузкой груза удобрений стоит судно. Выгрузку можно производить на четыре люка одновременно, но в случае дождя трюма надо закрывать понтонами (съемные люковые крышки) и далее брезентами, что является процедурой довольно длительной. Практика показывает, что экипаж с такой задачей справляется, если закрыть надо не более двух люков. Возможные состояния погоды W1 – ясно, W2 – временами легкий дождь, W3 – временами

ливень. Возможные варианты организации выгрузки: D1 - выгрузка осуществляется на 2 люка, D2 – выгрузка на 3 люка, D3 - выгрузка на один люк. Эффективность решения задачи в зависимости от состояния погоды задана таблицей 3.1.

Таблица 3.1 - Условия погоды – способы действий

Способ действий	Эффективность решения задачи в зависимости от состояния погоды		
	W ₁	W ₂	W ₃
D ₁	0,60	0,35	0,25
D ₂	0,75	0,40	0,30
D ₃	0,30	0,20	0,25

Решение задачи в условиях вероятностной неопределённости (принятие управленческого решения на основе оценки рисков) будет производиться путем использования критериев Байеса, Вальда и Лапласа [25; 26].

Критерий Байеса. Принимается, что вероятность первого типа погоды равна 0,5; второго – 0,3; третьего – 0,2. Тогда оптимальный вариант организации выгрузки будет выбираться, исходя из условия: $\alpha_{\text{опт}} = \max \bar{\alpha}_i$

Таким образом, получены следующие значения для каждого из способов действий:

$$D_1 : \alpha_1 = 0,60 \times 0,50 + 0,35 \times 0,3 + 0,25 \times 0,2 = 0,47$$

$$D_2 : \alpha_2 = 0,75 \cdot 0,5 + 0,40 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,2 = 0,56$$

$$D_3 : \alpha_3 = 0,30 \cdot 0,5 + 0,20 \cdot 0,3 + 0,25 \cdot 0,2 = 0,25$$

Максимальное значение $\alpha_2 = 0,56$. Следовательно, лучшим планом действий для приведенных выше условий является организация выгрузки на два люка, так как риск намокания груза будет минимален.

Критерий Лапласа. Согласно этому принципу принимается, что вероятности различных условий обстановки являются одинаковыми и равны 0,33. Оптимальный план действий также будет выбираться, исходя из: $\alpha_{\text{опт}} = \max \bar{\alpha}_i$

Получается, что

$$D_1 : \alpha_1 = 0,60 \cdot 0,33 + 0,35 \cdot 0,33 + 0,25 \cdot 0,33 = 0,40$$

$$D_2: \alpha_2 = 0,75 \cdot 0,33 + 0,40 \cdot 0,33 + 0,3 \cdot 0,33 = 0,48$$

$$D_3: \alpha_3 = 0,30 \cdot 0,33 + 0,20 \cdot 0,33 + 0,25 \cdot 0,33 = 0,24$$

Следовательно, оптимальным планом действий является план D_2 .

Критерий Вальда. Принцип выбора заключается в принятии решения, результат которого окажется максимальным из минимальных. Поэтому оптимальный план будет выбран, исходя из: $\alpha_{opt} = \max \min \alpha_{ij}$. То есть для каждого из планов получается:

$$D_1: \alpha_1 = 0,25; D_2: \alpha_2 = 0,3; D_3: \alpha_3 = 0,20$$

Таким образом, с точки зрения данного критерия оптимальным планом является план D_3 , что является логичным, поскольку практически исключает риск подмочки груза. Однако, прежде чем выбирать решение по критерию Вальда следует рассмотреть возможности снижения уровня риска с тем, чтобы принять более эффективное решение.

Руководитель анализирует полученные результаты расчетов и выбирает лучшее решение, например план организации выгрузки судна по варианту D_2 .

В заключение можно сделать вывод, что система управления безопасностью морских и мультимодальных грузоперевозок существенно отличается по механизму управления от систем управления другими качественными характеристиками транспортировки грузов и пассажиров. Она является частью государственной системы обеспечения безопасности товаров и услуг, в том числе транспортных, относительно их потребителей и внешней среды.

3.2 Алгоритм проектирования транспортно – логистических систем морских и мультимодальных грузоперевозок с учетом факторов риска возникновения чрезвычайных ситуаций

В мультимодальных перевозках в транспортный процесс вовлечены многие организации и физические лица, многие виды транспорта, перегрузочной техники и технологий. Технологический процесс перевозок включает, как правило,

множество логистических операций и логистических цепочек. Все это множество составляет пространственно-временную логистическую систему, эффективное функционирование которой возможно лишь при условии рациональной организации такой системы.

Технологический процесс перевозки проходит в различных изменяющихся условиях внешней среды. Исходные условия перевозки, определяемые контрактами купли-продажи, договором чартер партии, как правило, различны. В этой связи возникает необходимость проектирования транспортно-логистических систем мультимодальных грузоперевозок, как типовых, так и целевых (индивидуальных). При этом процесс проектирования должен сопровождаться четким определением факторов и методов оценки риска ЧС. Проектированием ТЛС занимаются проектные организации и транспортно-экспедиторские компании, имеющие подразделения логистики, информационно-логистические центры по заказу грузоотправителей.

Заказчик выдает проектанту исходные данные для разработки технического задания (ТЗ) и последующего проектирования. Как правило, в контрактах купли-продажи указываются транспортные условия перевозок и обязанности сторон в этом предприятии.

Техническое задание содержит следующие основные разделы:

- общая постановка задачи;
- цели и задачи проектирования;
- требования к проекту;
- результаты работы;
- порядок контроля и приемки работы;
- календарный план выполнения работ.

Техническое задание согласовывается с заказчиком, при этом могут уточняться некоторые детали, например, критерии оптимальности и их приоритеты.

Основной целью проекта (перевозка грузов) является, как правило, обеспечение безопасности и эффективности перевозок, сохранности груза, а

также анализ оценки рисков возникновения ЧС в процессе перевозок и их учет при выборе вариантов проектных решений, при этом критерий безопасности и критерий эффективности – минимизация транспортных издержек преобладают. В тоже время существенным показателем является срок поставки груза, что должно быть сформулировано в обязательных условиях поставки и отражено в соответствующем разделе ТЗ.

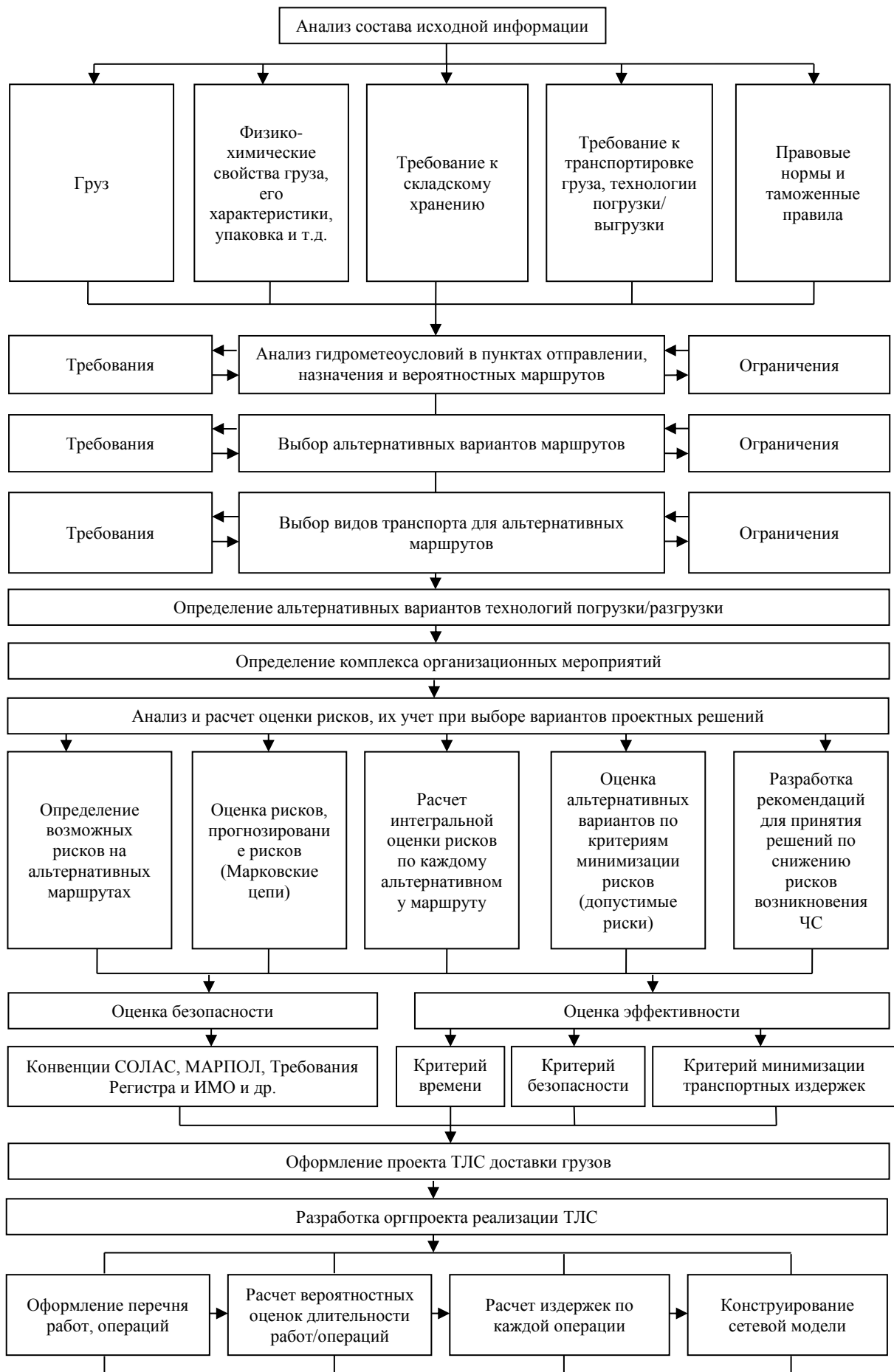
Требования к проекту включают комплекс условий и ограничений, которые необходимо выполнить. Например: доставка груза должна быть осуществлена не позднее и не ранее таких - то сроков; стоимость перевозки не должна превышать определенной суммы; поставка груза в порт погрузки и погрузка на судно должна производиться только «с колес», то есть без промежуточного складирования и хранения на складах.

Основные этапы проектирования ТЛС доставки грузов достаточно полно изложены в работах [60; 63, с. 36-40]. Однако в этих и других работах вопросы оценки рисков не рассматриваются. В этой связи в известные схемы проектирования нами предлагается включить блок прогнозирования отказов технических средств и оценки рисков на каждом этапе (звене логистической цепи) перевозок для каждого вида транспорта с учетом его специфики и условий. Усовершенствованный блок - схема проектирования ТЛС представлена на рисунке 3.4.

Из схемы видно, что дополнительно к основным этапам проектирования, о которых говорилось выше, были добавлены операции по расчету прогностической оценки риска ЧС, расчету интегральной оценки риска по каждому альтернативному маршруту, оценке альтернативных вариантов по критериям минимизации, а также работы, связанные с подготовкой персонала к реализации проекта ТЛС.

Проектирование ТЛС доставки грузов является во многом творческим процессом, поскольку перед проектировщиком стоит задача из множества известных логистических элементов создать систему, которая должна соответствовать всем требованиям заказчика, обеспечивать безопасность и

эффективность перевозок в соответствии с выбранными критериями. При конструировании такой системы используются, в первую очередь, принципы здравого смысла и соответствия, принципы оптимальности и надежности.



Продолжение рисунка 3.4



Рисунок 3.4 - Усовершенствованная блок-схема проектирования ТЛС с учетом факторов риска

Как говорилось выше, основной целью при проектировании является обеспечение безопасности и эффективности перевозок, сохранности груза, а также анализ оценки рисков возникновения ЧС в процессе перевозок и их учет при выборе вариантов проектных решений.

На рисунке 3.5 представлена блок-схема системы управления рисками, которая позволяет выбрать вариант, минимизирующий ущерб от той или иной ЧС.

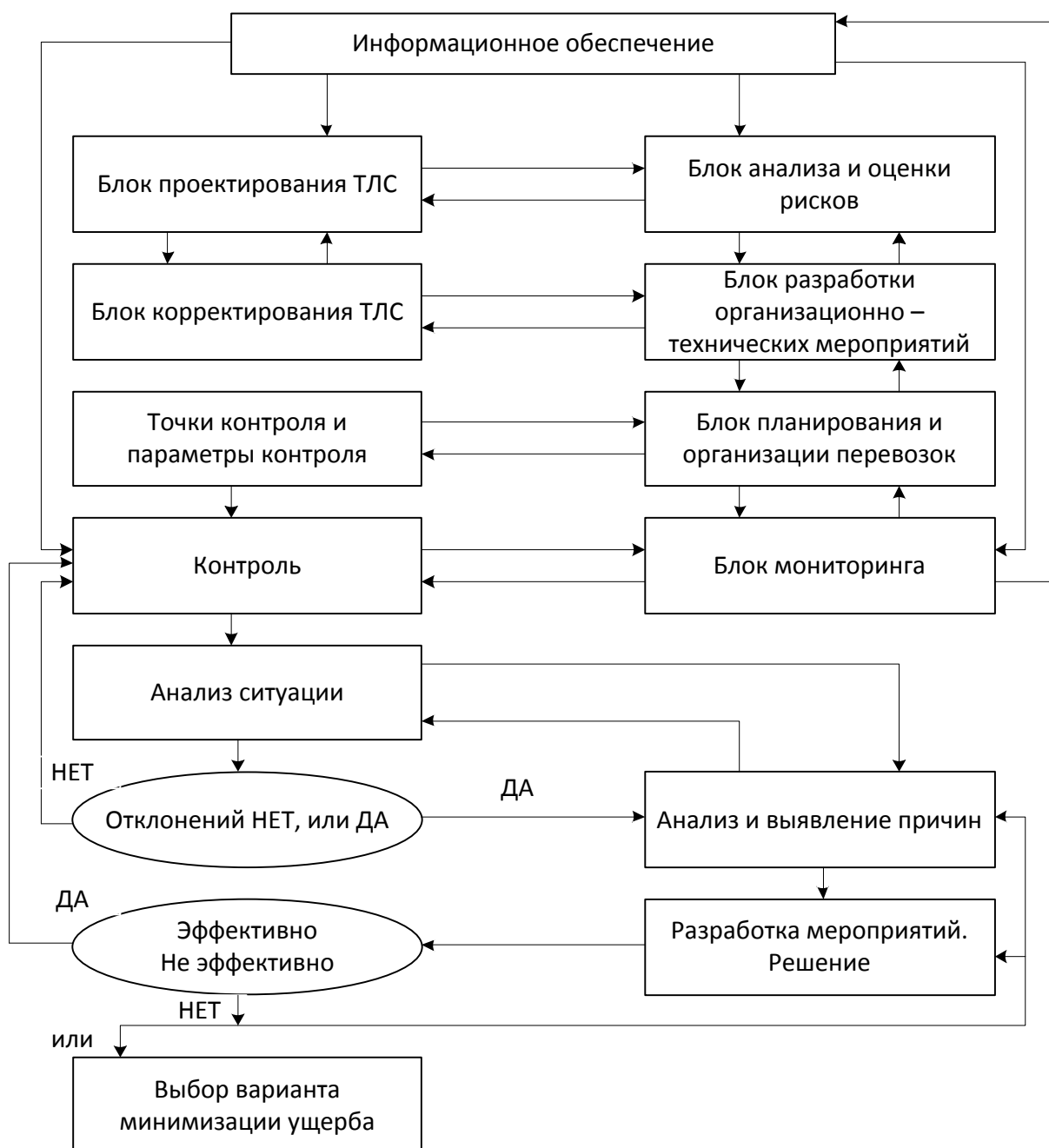


Рисунок 3.5 – Блок-схема системы управления рисками, позволяющая выбрать вариант, минимизирующий ущерб

Основной задачей анализа риска аварий на транспорте при осуществлении морских и мультимодальных грузоперевозок является использование всей имеющейся и доступной информации о транспорте, маршрутах движения и погодных условиях. Эта информация необходима для расчета оценки вероятности рисков и последствий от этих рисков для транспортных средств, груза и персонала, задействованного в процессе перевозки.

На рисунках 3.6 и 3.7 представлены детализированные блок-схемы оценки и анализа рисков на стадии проектирования ТЛС:

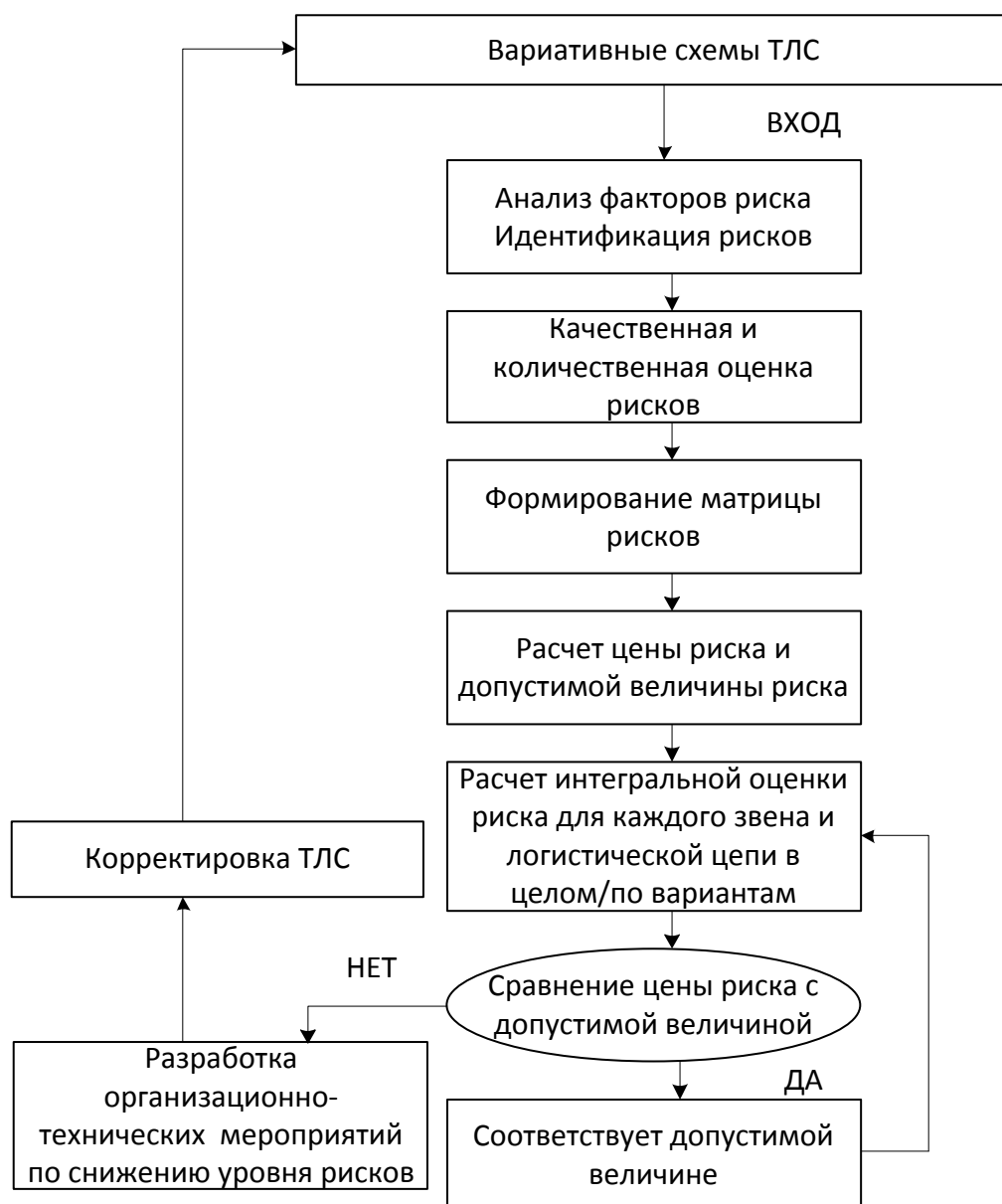


Рисунок 3.6 – Блок-схема оценки риска вариативных схем ТЛС на стадии проектирования

Блок разработки организационно-технических мероприятий по снижению уровня рисков занимает особое место при обеспечении безопасности грузоперевозок и предупреждению ЧС на транспорте.

На основе анализа факторов риска, условий транспортировки и практики обеспечения безопасности нами был сформулирован комплекс организационно-

технических мероприятий по обеспечению безопасности перевозок и предупреждению ЧС, который включает:

1. Организацию проведения работ по предупреждению ЧС, повышению безопасности потенциально опасных районов плавания, маршрутов перевозки, обеспечение устойчивости функционирования транспортных средств при возникновении ЧС.

2. Организацию работы систем оповещения и контроля на потенциально опасных маршрутах движения транспортных средств.

3. Сбор, обработку и обмен информацией, связанной с предупреждением и защитой персонала, занятого в процессе перевозок, в случае возникновения ЧС при осуществлении морской и мультимодальной грузоперевозки в целом.

4. Организацию подготовки, обучения и повышения профессиональной квалификации руководящего состава, а также персонала, работающего на транспорте к действиям в чрезвычайных ситуациях, обновление и проверку транспортных средств.

5. Осуществление мероприятий по эвакуации из зон чрезвычайных ситуаций в безопасные районы.

6. Поддержание общественного порядка в зонах чрезвычайных ситуаций (аварий и катастроф).

7. Меры по повышению эффективности систем безопасности, а именно меры по предупреждению аварии.

8. Меры по снижению ущерба от ЧС.

9. Профилактика возникновения аварий.

Приведенный список организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности перевозок является реальным инструментом контроля не только на этапе проектирования, но и на этапе реализации управления.

Для реализации эффективного контроля организационно-технических мероприятий необходимо выделять те операции и факторы, которые в наибольшей степени влияют на безопасность перевозок. Для этого необходимо разрабатывать четкие инструкции, которые будут определять на всех этапах

перевозки ответственных лиц и отслеживать своевременное и качественное исполнение своих должностных обязанностей.

На рисунке 3.7 представлена блок-схема анализа и оценки риска на стадии подготовки проекта мультимодальной перевозки к реализации.

Применение рассмотренной методики на практике позволяет эффективно и быстро идентифицировать и оценивать риски, которые могут возникнуть в ходе процесса транспортировки и находить рациональные решения по управлению рисками в ЧС.

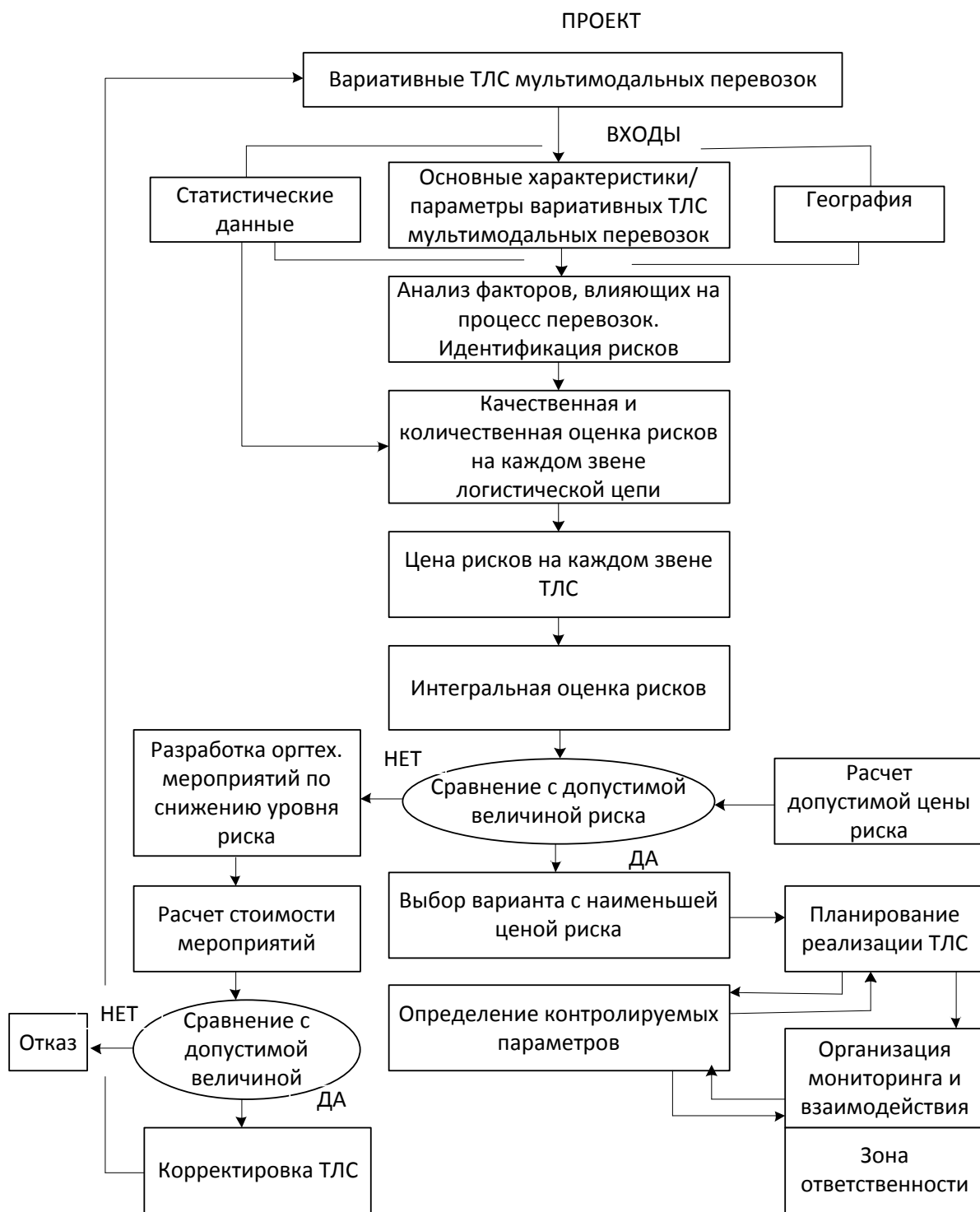


Рисунок 3.7 –Блок-схема анализа и оценки риска на стадии подготовки проекта морской и мультимодальной перевозки к реализации

3.3 Критерии оценки эффективности и безопасности транспортно – логистических систем морских и мультимодальных грузоперевозок

Эффективность и качество морских и мультимодальных грузоперевозок зависят, прежде всего, от качества проекта транспортно-логистической системы (ТЛС) доставки груза, то есть основных характеристик качества системы, формируемых еще на стадии проектирования. Анализ практики грузоперевозок показывает, что основными требованиями грузоотправителей к системе доставки грузов являются следующие:

- проведение доставки в оговоренные контрактом купли-продажи сроки;
- использование транспортно-логистических систем, обеспечивающих минимизацию транспортных издержек;
- обеспечение безопасности и сохранности грузов в процессе их доставки.

В практике грузоперевозок эффективность систем доставки грузов должна оцениваться по нескольким критериям. Рассмотрим возможные методические подходы к конструированию таких критериев.

В качестве критерия сроков доставки грузов применяется предусмотренный контрактом срок доставки грузов – $T_{КВ}$. Тогда критерий эффективности транспортно-логистической системы доставки груза можно представить как отношение срока доставки по контракту к расчетному времени доставки по проекту [63, с. 46-52; 102, с. 10-13]:

$$F_{рв} = \frac{T_{КВ}}{T_{рв}}, \quad (3.1)$$

По аналогии критерий минимизации транспортных издержек определяется из выражения

$$F_{ри} = \frac{E_{НВ}}{E_{ри}}, \quad (3.2)$$

где $E_{НВ}$ – наиболее вероятные транспортные издержки для исследуемой системы доставки груза (по экспертным оценкам и статистическим данным);

$E_{ри}$ – расчетное значение транспортных издержек для рассматриваемого проекта доставки груза.

Наиболее вероятная величина транспортных издержек может быть рассчитана по формуле 3.3 [63, с. 46-52]:

$$E_{\text{НВ}} = \frac{2E_{\text{min}} + E_{\text{max}}}{3}, \quad (3.3)$$

где E_{min} – значение минимальной величины транспортных издержек при данных условиях и объемах перевозок, определяемое или методом экспертных оценок на основе прототипов, или расчетным методом по укрупненным нормативам;

E_{max} – значение максимальной величины транспортных издержек, определяемое на основе принятия к расчету наиболее высоких тарифов, которые встречаются на рынке, или наиболее затратных прототипов.

Дисперсия рассчитывается по формуле (3.4):

$$S^2 = 0,012(E_{\text{min}} + E_{\text{max}})^2, \quad (3.4)$$

Таким образом, при разработке транспортно-логистического проекта доставки груза рассчитываются затраты времени на транспортировку и транспортные издержки соответственно. Эффективность проекта или альтернативных вариантов определяется из выражений (3.1) и (3.2). В случае, если $F_{\text{рв}}$ и $F_{\text{ри}}$ больше единицы, то проект удовлетворяет критериям времени и транспортных издержек.

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.

При рассмотрении альтернативных вариантов для каждого из них рассчитываются значения критериев $F_{\text{рв}}$ и $F_{\text{ри}}$. В процессе проектирования транспортно-логистической системы доставки грузов рассматриваются

следующие два альтернативных варианта, по каждому из которых рассчитаны критерии эффективности:

- первый вариант, оцениваемый критериями $F_{PB} = 0,98$ и $F_{PI} = 1,05$;
- второй вариант, оцениваемый критериями $F_{PB} = 1,05$ и $F_{PI} = 0,93$.

Очевидно, что выбор должен быть сделан самим клиентом, но при этом следует воспользоваться приведенными далее рекомендациями. В этой связи целесообразно использовать правила *свертки критериев* или *метод установления приоритетов*.

В теории существует несколько правил свертки критериев [58; 98]: принцип справедливой абсолютной уступки и принцип относительной справедливой уступки.

В процессе проектирования транспортно-логистической системы доставки грузов рассматриваются следующие два альтернативных варианта, по каждому из которых рассчитаны критерии эффективности:

- первый вариант, оцениваемый критериями $F_{PB} = 0,98$ и $F_{PI} = 1,05$;
- второй вариант, оцениваемый критериями $F_{PB} = 1,05$ и $F_{PI} = 0,93$.

$$\bar{F}^i = (F_{PB}^i, F_{PI}^i), \quad (3.5)$$

где i – номер варианта ТЛС.

Требуется сравнить два решения:

$$\bar{F}^1 = (0,98; 1,05) \text{ и } \bar{F}^2 = (1,05; 0,93).$$

Пример решения двумерной векторной задачи.

Величина суммарной абсолютной уступки при переходе от \bar{F}^1 к \bar{F}^2 вычисляется как [58, с. 50; 98, с.10-13]:

$$A_{abc} = (F_{PB}^2 - F_{PB}^1) + (F_{PI}^2 - F_{PI}^1) = (1,05 - 0,98) + (0,93 - 1,05) = -0,05.$$

Следовательно, принцип справедливой абсолютной уступки дает решение \bar{F}^1 лучшее, чем второе.

Относительная справедливая уступка рассчитывается по формуле

$$A_{отн} = \frac{F_{PB}^2 - F_{PB}^1}{F_{PB}^1} + \frac{F_{PI}^2 - F_{PI}^1}{F_{PI}^1}, \quad (3.6)$$

В нашем примере

$$A_{\text{отн}} = \frac{1,05 - 0,98}{0,98} + \frac{0,93 - 1,05}{1,05} = -0,04.$$

В соответствии с этим принципом предпочтительным является второй вариант.

Для перехода к одному обобщенному критерию можно использовать первый вариант свертки, основанный на определении весовых оценок для каждого локального критерия. Например, вес $F_{\text{РВ}} = 0,6$, а вес $F_{\text{Ри}} = 0,4$. Обобщенный критерий вычисляется по формуле:

$$\Phi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \alpha^i F^i, \quad (3.7)$$

В нашем примере значение обобщенного критерия для первого варианта можно представить в следующем виде:

$$\Phi^1 = 0,6 \cdot 0,98 + 0,4 \cdot 1,05 = 1,01;$$

$$\Phi^2 = 0,6 \cdot 1,05 + 0,4 \cdot 0,93 = 1,00.$$

Оценив варианты по обобщенному критерию, лучшим следует признать первый вариант.

В случае если приоритеты критериев и их весовые оценки не установлены, свертку можно производить простым суммированием локальных критериев. В нашем примере лучшим вариантом является первый (по сумме локальных критериев).

В практической деятельности часто устанавливаются приоритеты критериев, т.е. ранжирование их по степени значимости для реализации проекта. Предположим, что ряд приоритета представлен критериями F^2, F^1, F^3 . Тогда задача сводится к определению следующих значений:

$$\text{Max } F^2, \quad (3.8)$$

$$\text{при } F^2 \geq F_{\text{доп}}^2;$$

$$F^3 \geq F_{\text{доп}}^3,$$

где $F_{\text{доп}}^2; F_{\text{доп}}^3$ — допустимые значения соответствующих критериев, определяемые экспертным или расчетным методом.

В практике морских перевозок неопределенность чаще связывается с состоянием природы. Здесь рассматривается система «человек – техника – природа». В этой цепочке противодействующим элементом является «природа» и никто не может с определенностью предположить, каковы будут действия «природы», как нашего «противника». Можно высказывать лишь предположения о возможных состояниях природы.

При переходе судна морем в условиях неопределенности ожидаемая обстановка в районе перехода неопределенна. В частности возможны 3 варианта: P_1 - ветер переменный 2-3 балла, P_2 - ветер северо-восточный 3-5 баллов, P_3 - ветер западный 4-7 баллов. Предусматривается 3 варианта выбора маршрута: A_1 , A_2 , A_3 , причем вариант A_3 - кратчайший по расстоянию, так как рассчитан по дуге большого круга. Каждый из этих способов действий, в зависимости от состояния погоды, будет приводить к определенным результатам. Данные о состоянии погоды на маршрутах приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Условия погоды – способы действий

Способ действий. Длина маршрута, в милях	Состояния погоды		
	P_1	P_2	P_3
A_1	0,75	0,25	0,00
A_2	0,25	0,50	0,25
A_3	0,00	0,30	0,70

По данным, приведенным в таблице 3.2 и данным о снижении скорости судна при ветре (рассчитываются на судне по результатам наблюдений), можно подсчитать скорости при различных направлениях и силе ветра для каждого варианта маршрута. В условиях хорошей погоды судно следует со скоростью 15 узлов, а расстояния по кратчайшему маршруту A_3 равно 2900 морских миль, расстояние по маршруту A_2 равно 3000 миль, расстояние по маршруту A_1 равно 3200 миль.

Оценка эффективности маршрутов перехода по критерию времени приведена в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Оценка эффективности маршрутов

Способ действий: маршрут/расстояние в милях	Скорость судна в зависимости от состояния погоды, в узлах			Средневзвешенная оценка скорости судна на переходе, в узлах	Затраты времени на переход, час.
	P_1	P_2	P_3		
$A_1/3300$	15	13	9	14,5	228
$A_2/3000$	15	13	9	13,5	222
$A_3/2900$	15	13	9	10,2	284

Таблица оценок вариантов маршрутов дает возможность оценить каждый вариант по критерию времени в условиях риска, обусловленного погодными условиями. В рассматриваемом случае риск равен разности между ожидаемым результатом действий при наличии точных данных и результатом, который можно достичь, если точные данные не известны. В рассматриваемом примере в качестве эталона можно принять затраты времени на переход по кратчайшему маршруту с эксплуатационной скоростью 13 узлов. В этом случае затраты времени на переход составят 222 часа. Следовательно, цена риска в случае выбора кратчайшего маршрута A_3 составит 222 часа – 284 часа = - 64 часа. Маршруты A_1 и A_2 - выбор без риска.

Выбор наилучшего решения в условиях неопределенности данных об обстановке осуществляется при следующих условиях:

- выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки известны. В этом случае должен избираться способ действий, при котором среднее ожидаемое значение результата, т.е. сумма произведений

вероятностей типов погоды на соответствующие результаты решения задачи, максимально;

- выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки неизвестны, но имеются соображения об их относительных значениях. Если считать, что любое из условий обстановки не более вероятно, чем другие, то вероятности различных условий обстановки можно принять равными и производить выбор способа вышеуказанным способом (это принцип недостаточного основания Лапласа);

- выбор наилучшего решения, когда вероятности возможных условий обстановки неизвестны, но существуют принципы и методы подхода к оценке результата действий, которые могут быть представлены критериями Вальда, Сэвиджа, Гурвица [25; 26; 30].

Критерий Вальда. Необходима гарантия, что результат в любых условиях окажется не меньше, чем наибольший возможный в худших условиях. Тактика – «рассчитывай на худшее». Оптимальный способ действий – тот, при котором результат окажется максимальным из минимальных при различных типах погоды.

Критерий Сэвиджа. Оптимальный способ действий – тот, для которого риск, максимальный при различных типах погоды, окажется минимальным.

Критерий Гурвица. Компромисс между тактикой «рассчитывай на худшее» и тактикой «рассчитывай на лучшее». Оптимальный способ действий – тот, для которого критерий пессимизма-оптимизма окажется максимальным.

Несмотря на то, что обеспечение безопасности перевозок и сохранности грузов является важнейшим требованием, предъявляемым к транспортно-логистической сети, вопросы количественной оценки качества системы доставки грузов в контексте безопасности перевозок и сохранности грузов разработаны недостаточно полно. Это объясняется сложностью формализации процессов обеспечения безопасности и большим количеством неуправляемых факторов, которые оказывают существенное влияние на транспортные процессы.

Оценить качество проекта доставки грузов можно с помощью сравнения расчетных параметров транспортных процессов, технических средств и

технологий с их нормативными значениями, которые определены в Международных конвенциях, правилах перевозки грузов, правилах Российского морского регистра судоходства или других классификационных обществ (например, немецкий Ллойд, английский Ллойд, Бюро Веритас и др.). Рассмотрены некоторые параметры, определяющие безопасность перевозок и сохранность грузов:

- параметры, характеризующие техническое состояние транспортных средств;
- параметры устойчивости и прочности судна в балласте и в грузе;
- параметры, характеризующие состояние груза в процессе погрузки, выгрузки, хранения, транспортировки;
- требования к складированию и креплению грузов;
- допустимые сроки хранения грузов;
- требования к квалификации и практической подготовке персонала, занятого в транспортных процессах;
- требования к организации документооборота, подготовке документов на груз и перевозку, страхованию транспортных средств, персонала и груза.

Указанный выше перечень параметров и требований можно продолжить с тем, чтобы далее выполнить процедуру ранжирования их по степени важности для обеспечения безопасности и сохранности груза (при этом следует помнить, что минимальные требования Конвенций и Правил должны всегда выполняться). Далее определяется соответствие проектных решений в части выполнения требований Конвенций и Правил. Если требуемое соответствие установлено, то проект ТЛС доставки груза соответствует критериям безопасности и сохранности грузов. Оценку риска при прочих равных условиях можно рассчитать как математическое ожидание неблагоприятных исходов. Для такого расчета необходимо иметь репрезентативную выборку по аварийности и потерям груза.

Условием, обязательным для оценки ТЛС, является уровень риска возникновения ЧС. В общем случае оценку рисков можно рассчитать как математическое ожидание неблагоприятных исходов [25; 30]. Для такого расчета

необходимо иметь репрезентативную выборку по аварийности и потерям груза. В случае недостатка информации уровень рисков определяется методом экспертных оценок. В целях управления рисками целесообразно включить в проект ТЛС доставки груза перечень мероприятий по снижению уровня рисков и первоочередным действиям в случае ЧС.

При оценке границ приемлемого риска большую роль играет характер общества, степень развития экономики, природные условия, традиции, степень интеграции в мировое хозяйство, предпочтения и склонности лиц, принимающих решения и другие обстоятельства места и времени.

Вообще, шкала риска имеет три области. Одну из них образует пренебрежимый риск, другую – риск столь большой, что он считается чрезмерным или неприемлемым. Между ними располагается область приемлемого риска, размер которого не настолько мал, чтобы с ним не считаться, но в то же время и не настолько велик, чтобы считать его чрезмерным. Приемлемым является уровень риска техногенной деятельности, который общество готово принять ради получаемых экономических и социальных выгод.

Средней величиной приемлемого риска в профессиональной сфере обычно принимают $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/(чел. * год)}$ [35, с. 32-50].

При оценке приемлемости риска необходимо учитывать суммарный ущерб, вызванный как гибелью людей, так и материальными потерями и ущербом окружающей среде. С этой целью следует всегда рассматривать соответствие материального ущерба в денежном выражении ущербу от гибели человека. Нужно иметь в виду, что экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны.

Насколько риск есть приемлемым или неприемлемым, решает руководство государства и конкретного предприятия, учреждения и организации.

Результат этого решения будет влиять на много входных данных и соображений, среди которых не последнее место занимает стоимость риска, поскольку главной задачей управления есть и всегда будет определение стоимости риска (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Зависимость прибыли от величины риска

Зона пренебрежимого риска	<<	Ожидаемая прибыль
Зона приемлемого (допустимого) риска	<	Ожидаемая прибыль
Зона чрезмерного (недопустимого) риска	≥	Ожидаемая прибыль

Следует отметить, что полная безопасность не может быть гарантирована никому, независимо от образа жизни. В концепции приемлемого риска [35; 128; 130; 133] в части безопасности человека отмечается, что многие специалисты принимают величину 10^{-6} 1/чел. Год как тот уровень, к которому следует стремиться. При уменьшении риска ниже уровня 10^{-6} в год общественность не выражает чрезмерной озабоченности, и поэтому редко предпринимаются специальные меры для снижения степени риска. Достаточно малым считается индивидуальный риск гибели 10^{-8} на год.

Рассматривая вопросы риска, необходимо иметь в виду, что помимо прямого риска $R_{пр}$, создаваемого данным оборудованием (на уменьшение которого направлены мероприятия по обеспечению безопасности), существует ещё и косвенный риск $R_{косв}$, причем с увеличением расходов на безопасность происходит уменьшение прямого риска и увеличение косвенного [35].

$$R_{полн} = R_{пр} + R_{косв}, \quad (3.9)$$

Итак, повышение безопасности перевозок является одной из приоритетных задач развития транспортного комплекса нашей страны, что, в свою очередь, объективирует развитие методов оценки рисков возникновения ЧС на транспорте и проектирования систем доставки грузов с учетом приемлемых уровней риска.

3.4 Методологические основы формирования готовности морских специалистов к управлению риском ЧС

Управление рисками на предприятиях морского транспорта тесно связано с управлением безопасностью морских перевозок грузов и пассажиров, буксировкой морских объектов, которое сводится к выбору методов и средств

обеспечения заданных (нормативных) значений показателей безопасности при минимальном объеме необходимых для этого ресурсов. Эффективность управления тем выше, чем меньший объем затрат необходим для достижения цели управления - обеспечения нормативных значений показателей безопасности перевозок.

Система управления рисками на морском транспорте – это совокупность взаимосвязанных процессов и операций, ориентированных на достижение единой цели – снижения уровня риска на морском транспорте.

В системе управления рисками важнейшими процессами и операциями являются: мониторинг условий работы флота и мониторинг рисков, которые случаются или могут быть возможными; идентификация рисков; анализ рисков; разработка и планирование мероприятий по устранению или снижению уровня рисков; организация и контроль за выполнением мероприятий по устранению или снижению уровня рисков; анализ эффективности планируемых мероприятий и их отдаленных последствий; анализ уже реализованных мероприятий; формирование файлов позитивных достижений и негативного опыта; факторный анализ рисков на основе ретроспективных данных и экспертных оценок.

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 [103, с. 71-77].

Анализ ситуации в части управления безопасностью на предприятиях морского транспорта показывает, что на сегодняшний день в рамках требований Международной морской организации (ИМО) во всех судоходных компаниях и судах морского флота внедрена в практику управления безопасностью система, в основу которой положены требования Международного кодекса управления безопасностью на море (МКУБМ). В этом всеобъемлющем документе сформулированы основные требования, которыми должны руководствоваться

судовладельцы, капитаны и экипажи судов в части обеспечения безопасности жизнедеятельности, мореплавания, обеспечению сохранности грузов, выполнения задач, связанных с коммерческой деятельностью и др.

Однако в МКУБМ вопросы управления рисками не рассматриваются. В судоходных компаниях, как отечественных, так и иностранных, вопросы управления рисками возникновения ЧС решаются в основном на эмпирическом уровне (в основном осуществляется контроль выполнения требований нормативных документов в части безопасности мореплавания). Это объясняется тем, что на сегодняшний день можно выделить две основные причины:

1. Методологические и методические основы управления рисками возникновения ЧС на флоте разработаны не достаточно.

2. Морские специалисты не получают должной подготовки в контексте развития соответствующих компетенций в области управления рисками.

Таким образом, с одной стороны, снижение уровня аварийности на флоте требует поиска новых эффективных методов управления безопасностью мореплавания и морских перевозок, с другой стороны, уровень компетентности морских специалистов в области управления рисками отстает от требований времени равно, как и вопросы методологии и методики управления рисками требуют дальнейшей разработки. Устранить, названное противоречие возможно, решив две основных задачи: образовательную и научную [103].

Первая задача – формирование компетенций у будущих морских специалистов в области управления безопасностью мореплавания, морских перевозок и рисками возникновения чрезвычайных ситуаций на море и в морских портах [65; 103].

Вторая задача – интенсификация развития комплексных исследований в области безопасности морских перевозок и управления рисками возникновения аварий/ЧС на флоте.

Подготовка специалистов, компетентных в области управления рисками в рамках вузовских программ обучения требует разработки методических подходов к определению содержания обучения, определению функционально необходимых

компетенций. В этой связи нами рассмотрены возможные варианты определения системы компетенций и возможных методических подходов к определению содержания обучения специалистов.

Определение комплекса компетенций в области управления рисками и разработка программ для их формирования требует, в первую очередь, исследования процессов морских перевозок и операций по управлению рисками. В результате исследования можно определить внешние и внутренние факторы, влияющих на процесс перевозок, идентифицировать факторы риска возникновения аварий или другого рода ЧС. Таким образом, становится очевидным, что для выполнения анализа процессов и факторов риска необходимо развитие такой фундаментальной готовности, как аналитическая готовность.

Аналитическая готовность формируется посредством развития таких компетенций как: способность/умение использовать знания в области математических дисциплин, теории систем, системного анализа, философии и логики, знания которых необходимы для выполнения анализа процессов и систем (например, транспортных), информации, аварийности; способность осуществлять мониторинг внешней и внутренней среды; способность к обобщению и формализации процессов.

Исследование технологических процессов морских перевозок позволяет определить основные компетенции, которые необходимы для решения задач управления рисками. Например, способность оценить степень риска перевозки грузов на основе знаний химико-физических свойств груза; способность выполнять расчеты крепления палубных грузов и оценить надежность крепления грузов и «поведение» судна в экстремальных условиях плавания [65; 85]. Знание теории и устройства судов позволят специалисту объективно оценить уровень их готовности к морским перевозкам и способности противостоять силам природы в экстремальных ситуациях [65; 103].

Знания теории рисков и исследования операций, теоретических основ управления и принятия решений, организации перевозок и транспортной логистики формируют такие компетенции как: способность идентифицировать и

рассчитать количественные оценки риска, дать их качественное описание, рассчитать цену риска и разработать мероприятия по снижению рисков, выработать управленческое решение.

Таким образом, в процессе обучения в вузе будущие специалисты изучают практически весь комплекс дисциплин, знание которых используется для решения задач оценки и управления риском чрезвычайных ситуаций. Однако, как показывает выполненный нами анализ, выпускники вуза (например, морские инженеры) функционально не готовы к решению задач управления рисками. Основная причина заключается в том, что специалисты не владеют методическими подходами к оценке и управлению рисками, поскольку в программах обучения нет интегрирующей дисциплины или разделов, в которых были бы системно изложены вопросы оценки и управления рисками. Однако, на наш взгляд, возможны и другие подходы к формированию готовности морских специалистов в части управления рисками.

Нами выполнен анализ учебных программ подготовки специалистов/бакалавров в области организации перевозок и управления на транспорте: «Организация и управление морскими и мультимодальными перевозками». В результате анализа было установлено, что формирование готовности специалистов к управлению рисками можно проводить в процессе изучения таких дисциплин как «Управление работой флота», «Транспортная логистика» и «Проектирование и управление мультимодальными перевозками», при этом необходимо внести некоторые изменения/дополнения в программы курсов «Теория вероятностей» (практические задачи), «Исследование операций», «Грузоведение» и «Технология перевозки грузов». Роль интегрирующих курсов отводится дисциплинам «Управление работой флота», «Транспортная логистика», «Методология проектирования транспортных процессов и систем» и «Проектирование и управление мультимодальными перевозками».

В порядке эксперимента нами были внесены некоторые дополнения в курс «Проектирование и управление мультимодальными перевозками», в частности, методы анализа и идентификации рисков, оценка и управление рисками. В целях

развития умений и навыков в оценке и управлении рисками нами включены: в раздел практических занятий – задачи по оценке рисков и разработке мероприятий по снижению уровня рисков. В задании на курсовое проектирование по дисциплине «Управление работой флота» включено требование - выполнить анализ факторов, влияющих на процесс грузоперевозок, определить и оценить риски чрезвычайных ситуаций, разработать мероприятия по снижению уровня риска.

В эксперименте использовались активные методы обучения – деловые и имитационные игры, компьютерные технологии. Большое внимание уделено самостоятельной работе студентов. В частности им предлагалось: 1) выполнить анализ факторов, влияющих на их жизнедеятельность, сформулировать факторы риска и определить возможности снижения их уровня; 2) повторить некоторые разделы теории вероятностей, ознакомиться (в Интернете) с работами по управлению рисками.

Сравнительный анализ эффективности формирования готовности к управлению рисками проводился путем сравнения результатов тестирования. Сравнивались результаты, показанные студентами/курсантами в 2010-2011 гг. с результатами, показанными студентами в 2012 – 2013 гг., прошедшими обучение в условиях эксперимента. Анализ результатов тестирования показал, что студенты/курсанты, обучавшиеся в условиях эксперимента, показали более высокие результаты в части готовности к управлению рисками [63; 65; 103].

Полученные результаты дают основание утверждать, что повысить качество обучения и формировать готовность специалистов к той или иной специфической деятельности, можно не увеличивая временную составляющую, а достаточно внести некоторые изменения в программы учебных курсов и выбрать рациональные технологии обучения, в том числе, технологии саморазвития и самосовершенствования.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

Установлено, что основным требованием при проектировании ТЛС морских и мультимодальных грузоперевозок является обеспечение безопасности и эффективности грузоперевозок, а также оценка риска возникновения ЧС в процессе морских и мультимодальных грузоперевозок.

Представлен усовершенствованный вариант комплекса 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.

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 т.д.

Разработаны критерии безопасности и эффективности 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.

Разработана 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. Также модель дополнена блоками реализации,

контроля и принятия решений. Приведены примеры разработки рациональных решений в процессе управления рисками.

4 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ДИНАМИКИ ИХ РАЗВИТИЯ В МОРЕПЛАВАНИИ (В МОРСКОЙ ИНДУСТРИИ)

4.1 Расчет прогностических оценок состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна

Анализ статистики аварийности на морском флоте показывает, что доля технических аварий в общей аварийности составляет 30-35%. Основным же элементом, определяющим аварийность морских судов по техническим причинам является главный двигатель (ГД), на долю которого приходится до 45% отказов по техническим причинам [38]. Факторы риска отказов ГД могут быть различного характера, но основные (наиболее часто встречающиеся в практике эксплуатации ГД) следующие [38]:

- при ухудшении распыла топлива на малых нагрузках возможно не полное сгорание топлива и избыточная подача масла может привести к возгоранию и взрыву, например в выпускном коллекторе;

- отказы пуска и реверса, обеспечение малого хода при маневрах, отказы пуска могут быть и при большом числе пусков в короткое время, а также из-за большого износа топливной аппаратуры;

- взрывы и пожары в ГД возможны при наличии больших количеств топлива и масла в подпоршневых полостях ГД, что является следствием износа отдельных узлов и нарушения правил технической эксплуатации;

- при работе в штормовых условиях возрастает сопротивление, снижается скорость судна, повышается тепловая напряженность цилиндров, возрастают динамические напряжения из-за перегрузки цилиндров, что в итоге может привести к отказу ГД;

- реверс ГД и торможение судна с полного хода;

- человеческий фактор – это, прежде всего уровень квалификации и психологической устойчивости специалистов.

Следующими по значимости являются отказы рулевого управления, винтового комплекса, радионавигационной аппаратуры, судовых устройств.

В целях обеспечения безопасности мореплавания и эксплуатации судна большое значение имеет расчет прогностических оценок отказа технических средств и, в частности ГД.

В качестве примера рассматривается расчет прогностических оценок риска состояния системы «природа - морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна, в данном случае главного двигателя.

Судно осуществляет перевозки грузов морем в различных погодных условиях, т.е. природа может находиться в состояниях $S_1, S_2, S_3 \dots S_i$.

В зависимости от состояния погоды существует вероятность отказа технических средств судна, в рассматриваемом случае, вероятность отказа главного двигателя.

Поскольку вероятности перехода судна зависят не от времени суток или времени года, в которое осуществляется переход судном моря, а лишь от состояний, в которых может находиться природа, например, S_i и S_j , то такую последовательность случайных событий можно рассматривать как однородную Марковскую цепь [44, с. 114-115.] (вероятность каждого события зависит только от состояния, в котором процесс находится в текущий момент и не зависит от более ранних состояний).

Вероятности перехода из состояния S_i в S_j обозначены через P_{ij} .

Матрица переходных вероятностей $P = \{p_{ij}\}$, характеризует вероятность перехода процесса с текущим состоянием S_i в следующее состояние S_j .

Полная вероятность переходов может быть задана матрицей переходных вероятностей:

$$P = \begin{pmatrix} P_{1_1} & P_{1_2} & P_{1_n} \\ P_{2_1} & P_{2_2} & P_{2_n} \\ P_{3_1} & P_{3_2} & P_{3_n} \end{pmatrix}, \quad (4.1)$$

Элементы матрицы удовлетворяют условиям:

$$0 \leq P_{ij} \leq 1, \quad (4.2)$$

где $i, j=1, 2, \dots$

$$\sum_i P_{ij} = 1, \quad (4.3)$$

где $i, j=1, 2, \dots$

Безусловная вероятность того, что судно в момент времени t будет находиться в состоянии S_i обозначена через $P_i(t)$.

Условия на переходе моря судном могут быть следующие. В этом случае совокупность вероятностей $P_i(t)$ образует стохастический вектор состояний системы:

$$U_{(t)} = (P_1(t), P_2(t), \dots, P_i(t)) , \quad (4.4)$$

который будет обладать свойствами:

$$0 \leq P_i \leq 1 , \quad (4.5)$$

где $i=1, 2, \dots$

$$\sum_i P_i(t) = 1 , \quad (4.6)$$

Чтобы получить безусловные вероятности $P_i(t)$ при любом t , характеризующие состояние системы S , необходимо знать вектор начальных вероятностей состояний:

$$U_{(0)} = (P_1(0), P_2(0), \dots, P_i(0)) , \quad (4.7)$$

Далее, используя формулу полной вероятности, можно записать:

$$U_j(1) = \sum P_i(0) p_{ij} , \quad (4.8)$$

где $j=1, 2, \dots$

В матричном виде это выражение можно представить как:

$$U(1) = U(0)P , \quad (4.9)$$

Аналогично для любого t :

$$U(t) = U(t-1)P , \quad (4.10)$$

Вероятность/частота отказа технических средств, например главного двигателя, обозначена через χ_i . Тогда полная вероятность отказа главного двигателя за время нахождения системы в состоянии $U(t)$ рассчитывается по формуле:

$$V_i = \chi_i U(\tau), \quad (4.11)$$

где $i = 1, 2, \dots, \tau = 1, 2, \dots$

Рассмотрен пример оценки состояний судна, осуществляющего морские перевозки. По данным справочных навигационных карт анализировались розы ветров по районам плавания и данные судовых журналов о фактическом состоянии гидрометеоусловий в течение плавания. В результате анализа были определены условия на переходе судна морем:

- переход морем проходит в хороших погодных условиях (1-5 баллов);
- переход морем проходит в погодных условиях средней «тяжести» (до 7-8 баллов);
- переход проходит в тяжелых условиях (9-11 баллов).

Статистическими исследованиями установлено, что в течение перехода судна морем по определенному маршруту и в определенный период/сезон года на состояние 1 приходится 50%, на состояние 2 - 30% и на состояние 3 - 20% времени. В зависимости от погодных условий и технического состояния судна возможны отказы технических средств (например, главного двигателя - трещина цилиндрической головки). Вероятность отказа при погодных условиях – состояние 1 составляет 0,001, для состояния 2 – 0,002, для состояния 3 – 0,007 [97].

Алгоритм расчета прогностических оценок вероятности отказа технических средств рассмотрен на практическом примере, который продемонстрирован в Приложении А.

4.2 Дифференциально-интегральный подход к моделированию процессов развития аварийных ситуаций в мореплавании(в морской индустрии)

Актуальность разработки и внедрения системы оценки и управления рисками в промышленном (океаническом) рыболовстве и транспортировке сырья (биоресурсы, минералы) обусловлена необходимостью снижения уровня аварийности и повышения надежности работы рыбопромыслового флота и транспортировки сырья [65; 85]. Особенности промысловых аварий и инцидентов

определяются спецификой и условиями работы рыболовного флота [65], а также транспортного обслуживания судов в районах промысла. В отличие от обычных навигационных аварий, рыболовные суда, как правило, ведут промысел на ограниченных акваториях при большом скоплении судов. Сам факт большого скопления судов при ограниченности акваторий является источником, «провоцирующим» возникновение причин промысловых аварий (столкновение судов, сцепление орудий лова, потеря орудий лова и др.). Вероятность возникновения АС и аварий с рыболовными судами выше, чем вероятность возникновения ЧС/аварийных ситуаций/аварий с транспортными судами. Это обусловлено тем, что рейс рыболовного судна включает этапы/фазы — промысел, погрузоразгрузочные и бункеровочные работы непосредственно в море, а также доставка рыбы в трюмах «наливом» или на палубе на береговые рыбоперерабатывающие предприятия, а также на плавзаводы. Так возникают дополнительные источники причин аварий, которые рассматривались в Параграфе 1.3.

Поскольку основная задача нашего исследования включает оценку и управление рисками возникновения ЧС для повышения морских перевозок, рассмотрим сценарный план работы рыболовного судна (см. Параграф 1.3, таблица 1.6). Этот план включает следующие этапы: порт — подготовка к работе на промысле; переход судна на промысел; промысел, включая поиск рыбных скоплений; погрузоразгрузочные работы и бункеровка судов в море; промысел; переход в порт.

Моделирование процессов развития ЧС по видам и причинам аварий.

В основу разработки сценариев развития ЧС/аварийных ситуаций легли результаты анализа аварий на рыбопромысловых и транспортных судах, работающих под флагом разных стран. К рассмотрению были приняты следующие виды аварий: 1) возникновение течи поступление заборной воды в судовые отсеки; 2) возникновение возгорания и развитие пожара на судне; 3) потеря остойчивости и опрокидывание судна на попутном волнении; 4) разлив топлива при бункеровке судна; 5) возникновение аварийных ситуаций в процессе

лова при большом скоплении судов; б) аварийные ситуации при выполнении погрузо-разгрузочных операций в море [14].

Первый сценарий представляет последовательное развитие затопления отсека/отсеков судна при возникновении течи корпуса судна. При этом нами рассматривается вариант с наихудшим исходом - гибелью судна, что возможно при отягощающих сопутствующих событиях (отказ балластно-осушительной системы, наличие дефектов судовых конструкций и т.п.). Выбор такого подхода объясняется тем, что вариативность сценария позволяет рассматривать различные варианты развития аварийной ситуации и является ориентиром для выбора упреждающих мероприятий, позволяющих минимизировать ущерб/потери.

В нашем сценарии процесс затопления включает следующие стадии:

- первая - возникновение течи корпуса (трещины, пробоины, свищи в сварочных швах и т.п.);

- вторая – прогрессирующее затопление отсека (например, балластного танка двойного дна);

- третья - поступление воды в трюм (например, через поврежденные замерные трубы, которые могут быть подорваны при погрузке круглого леса или других крупногабаритных грузов);

- четвертая – затопление трюма;

- пятая – проникновение воды в соседние отсеки/трюмы в случае нарушения герметичности водонепроницаемых переборок (что не редко случается на судах старше 20 лет);

- шестая – потеря остойчивости/плавучести судна и его гибель.

Модель первого вариативного сценария «возникновение течи, поступление заборной воды в судовые отсеки» приведена на рисунке 4.1.

Примечание: 1. Предполагается, что судно сохраняет положительную остойчивость.

2. Рассматривается случай сохранения плавучести судна при двух затопленных отсеках (рис. 4.1).

Второй сценарий «возникновение возгорания и развитие пожара на судне» включает следующие уровни развития аварийной ситуации:

- первый уровень характеризуется возникновением возгорания с переходом в пожар в одном из отсеков судна (например, в машинном отделении);

- второй уровень характеризуется повышением температуры судовых переборок и распространением пожара на бытовые помещения на главной палубе и повышением температуры водонепроницаемой перегородки между машинным отделением и трюмом;

- третий уровень – распространение пожара на жилые помещения и трюм/трюмы [14; 54].

При описании возможных вариантов развития пожара нами рассматриваются наиболее критические ситуации, т.е. что может случиться, если не принять упреждающих мероприятий.

Третий сценарий «потеря остойчивости и опрокидывание судна» включает два варианта:

Первый вариант – характеризуется появлением отрицательной начальной остойчивости и при определенных условиях опрокидывание судна. Такая ситуация может случиться как в порту при выполнении погрузо-разгрузочных работ (например случай опрокидывания плавзавода «Обухов» в 1982 году), так и на переходе морем (случай опрокидывания пассажирского судна «Булгария» в 2011 году).

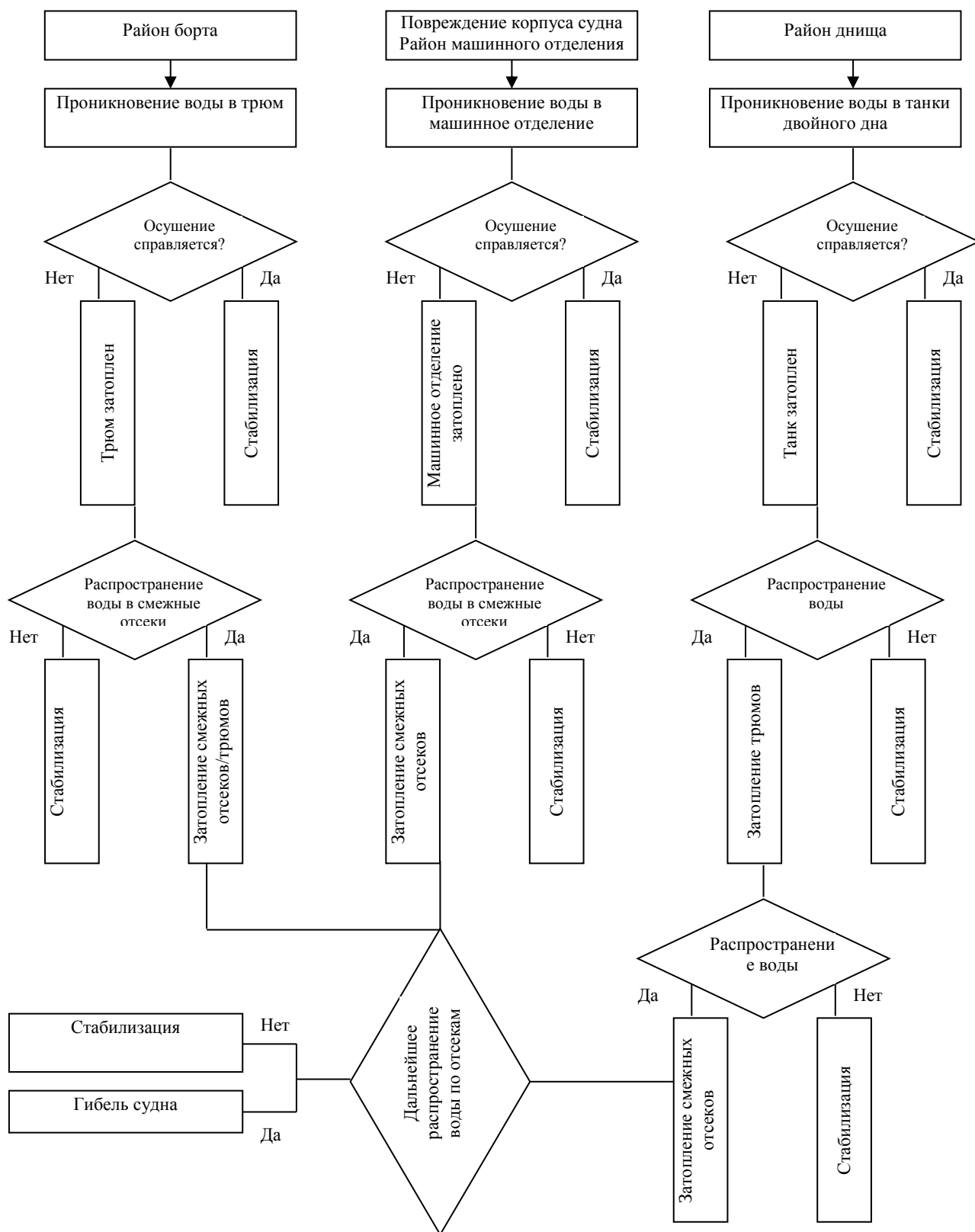


Рисунок 4.1 - Сценарий №1- Угроза затопления отсеков судна

Второй вариант – потеря устойчивости и опрокидывание рыболовных судов на попутном волнении характеризуется совокупностью условий, «провоцирующих» потерю устойчивости.

Четвертый сценарий – «разлив топлива при бункеровке судна».

Формирование обобщенной модели сценария развития ЧС/аварийных ситуаций

Анализ представленных сценариев позволяет определить наиболее общие их характеристики, которые можно представить как последовательность процессов и условий:

1. Предпосылки появления источника, порождающего те или иные причины появления признаков развития аварийной ситуации (АС).
2. Появление источника, порождающего причины (АС).
3. Возникновение предпосылок возникновения АС.
4. Начальная стадия возникновения АС (например, проникновение забортной воды в отсек, или возгорание в МО).
5. Развитие АС (например, увеличение интенсивности течи, или распространение огня).
6. Затопление отсека. Пожар в отсеке.
7. Проникновение воды в смежные отсеки (или, например, распространение пожара в смежные отсеки).
8. Угроза гибели судна или гибель судна (в зависимости от внутренних и внешних условий).

В качестве предпосылок появления источника причин возникновения АС следует рассматривать:

- гидрометеорологические и океанографические условия;
- износ корпуса судна, усталость металла;
- коррозия, электрокоррозия металла - появление свищей в сварочных швах, в районе днища, пояса переменных ватерлиний и т.д.;
- низкий уровень профессионализма - ошибки судовождения - касание грунта, появление трещины или пробоины;

- низкий уровень профессионализма - ошибки судовождения – столкновение, пробоина корпуса;
- отказ оборудования, судовых устройств - столкновение, посадка на мель/рифы - пробоина корпуса, катастрофа;
- ледовые условия – повреждение корпуса;
- повышение температуры в массе груза – самовозгорание;
- короткое замыкание – возгорание;
- разрыв топливной трубки – попадание топлива на раскаленную поверхность двигателя - воспламенение;
- искры – возгорание в подпоршневом пространстве главного двигателя;
- низкий уровень профессионализма – ошибки при маневрировании с орудиями лова – сцепление орудий лова, потеря орудий лова, столкновения/навал с другими судами и т.д.

Таким образом, совокупность процессов и условий с набором логических связей между ними представляют обобщенную модель/сценарий возникновения и развития аварийных ситуаций и катастроф морских транспортных и рыболовных судов.

Таким образом, метод сценариев развития аварийных ситуаций при освоении биоресурсов мирового океана и транспортировке сырья является эффективным средством:

- анализа возможных путей развития различных видов аварий и определения проблем «узких мест»;
- определения задач, которые необходимо решить для упреждения ЧС или снижения возможных последствий аварий;
- определения факторов риска, описания качественных характеристик риска возможности расчета вероятностных оценок риска;
- постановки имитационных экспериментов с целью изучения эффективности различных организационно-технических мероприятий, разрабатываемых для снижения уровня риска возникновения ЧС.

4.3 Прогнозирование рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и динамики их развития в мореплавании (в морской индустрии)

Рассмотрим некоторые методологические основы прогнозирования рисков возникновения ЧС и динамики их развития на примере из практики мореплавания.

Судно m/v «JHON N» следует в порт Дурбан курсом 20 градусов вдоль берегов восточного побережья южной Африки (ЮАР).

Анализ технического состояния судна и статистики отказов технических средств (главного двигателя – ГД и рулевого управления) показывает, что существует вероятность их отказа. Так, в течение 3-х лет вынужденные остановки ГД случались 28 раз. Основная причина – трещины в цилиндрических головках, отказ рулевого управления случался 5 раз (заметим, что рассматриваемое судно было далеко не в лучшем техническом состоянии, а его возраст был более 20 лет). В этой связи для обеспечения безопасности мореплавания целесообразно разработать методику прогнозирования возникновения рисков возникновения и развития ЧС.

Исходная информация для анализа ситуации: дистанция до побережья 15 миль, характер побережья скалистый, глубины под килем более 150 метров. Ветер NNE 7 м/сек., течение южного направления скоростью 1- 1,5 узла. В этой ситуации существуют риски отказа ГД или рулевого управления.

Первая задача капитана аварийного судна – сообщить о происшедшем и сложившейся ситуации судовладельцу и страховой компании, а также связаться с проходящими судами и попросить находиться рядом в пределах нескольких часов до более полной оценки ситуации и принятия решения о привлечении спасателей.

Первая задача главного механика судна – выяснить причины остановки двигателя и характер повреждений.

Основная угроза – судно при неблагоприятном стечении обстоятельств может быть выброшено на каменистую отмель. Таким образом, судно и экипаж окажутся в чрезвычайной ситуации (ЧС). Для того чтобы оценить ситуацию и

принять решение воспользуемся методами сценариев и дерева отказов. Метод сценариев - это комплексный метод прогнозирования сложных процессов со структурными сдвигами. Он заключается в установлении логически связанной последовательности событий поэтапного перехода из существующего состояния объекта прогнозирования в будущее состояние [140]. Обычно при прогнозировании методом сценариев всегда присутствует временная координата, т.е. процесс разворачивается во времени.

Разработанный нами сценарий динамики развития ЧС представлен на рисунке 4.2.

В сценарии представлены два наиболее неблагоприятные варианты динамики развития ЧС. Анализ сценариев позволяет утверждать, что наиболее неблагоприятный вариант включает события 1 – 2 – 3 - 6 - 8 - 9 - 11 - 14 – 15. Однако и второй вариант 1 – 2 – 3 - 7 – 8 - 10 – 12 так же представляет опасность, но такая опасность может возникнуть лишь в случае усиления ветра до уровня «штормового». Предположим прогноз погоды на ближайшие трое суток благоприятный (в прогнозируемом периоде погодные условия в этом районе благоприятные).

Рассмотрим угрозы, которые таит вариант № 1 развития ЧС. В этом варианте якорь не держит, так как глубина более 120 м, а грунт каменистый, в результате при силе ветра 7 м/сек. и течения 1,5 узла будет наблюдаться дрейф судна около 1,7 мили в час. В этом случае до глубины 120-150 метров судно будет дрейфовать 6,5 часов. На этой глубине (судно будет в 3,5-х милях от мели) якорь будет на грунте, но поскольку грунт каменистый, то судно будет дрейфовать на якоре со скоростью приблизительно 0,4 мили в час, т.е. судно окажется на мели через 8,7 часа. Таким образом, судно окажется на прибрежной отмели с каменистым грунтом через 15 часов с момента остановки (отказа двигателя).

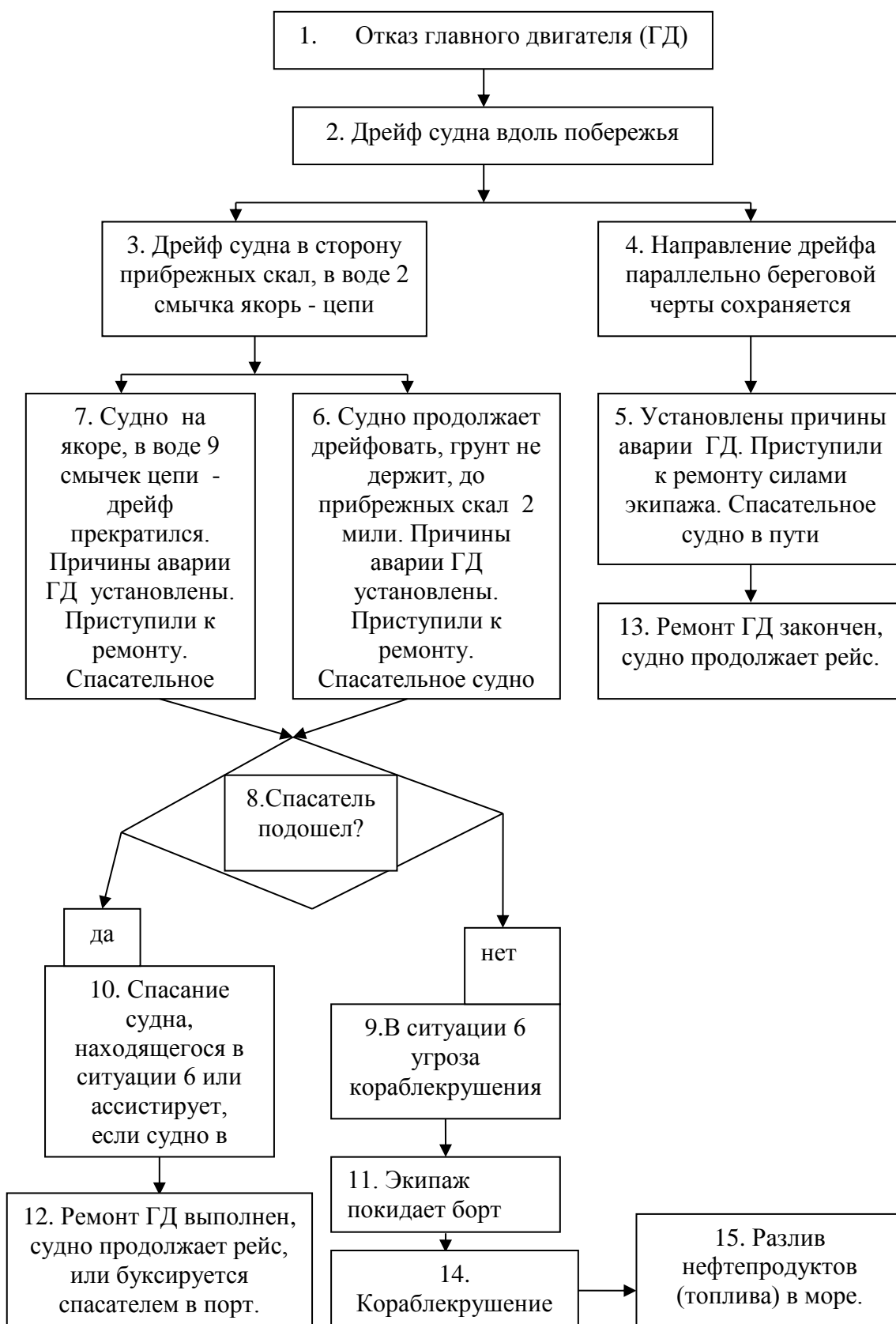


Рисунок 4.2 - Сценарий развития ЧС

Положим, причина выхода ГД из строя связана с трещиной в доньшке поршня цилиндра и повреждением выхлопного коллектора (по причине взрыва масла, охлаждающего доньшко поршня). В этом случае для ввода ГД в строй необходимо заменить поршень и поставить бандаж на трещину в коллекторе. По оценке специалистов эти работы займут 15-17 часов. Следовательно, необходимо «удерживать» судно на безопасном расстоянии от прибрежной отмели как минимум в течение 18 часов.

В этой связи спасательное судно должно быть в районе аварийного судна в полной готовности в ближайшие 5-6 часов. Решение о привлечении спасателя к буксировке следует принимать на основе анализа динамики развития ЧС.

В целях выявления причинно-следственных связей и расчета прогностических оценок развития ЧС разработаем дерево отказов, отражающее динамику развития ЧС (рис. 4.3). Посадка судна на мель и его повреждение – это вершина дерева (М), два события могут привести к посадке судна на мель, это ветви дерева. Эти события связаны с вершиной дерева «калиткой» [108, с.72] условием «и», так как посадка на мель может произойти при условии одновременного наступления обоих этих событий.

При расчете вероятностных оценок наступления событий возникают трудности определения их количественных значений. Здесь могут иметь место два случая: 1) закон распределения случайных величин/событий известен и имеется представительная статистическая выборка, что характерно для часто повторяющихся событий; 2) закон распределения случайных величин/событий не известен, что характерно для условий неопределенности, когда исследователь имеет дело с мало изученными явлениями.

Таким образом, в первом случае получение количественных оценок вероятности не представляет сложности. Во втором случае если закон распределения случайных величин/событий не известен, то для удобства расчета вероятностных оценок предполагают, что случайные величины имеют бета распределение. Выбор этого закона не может быть строго обоснован [46]. Он

имеет функцию плотности, напоминающую закон Гаусса, но ограничен слева и справа.

Бета (β) - распределение, рассматриваемое в контексте нашей задачи выбрано таким, чтобы вычислить значение вероятности наступления случайного события и дисперсии по формулам [46]:

$$P_{ож} = \frac{P_{min} + 4P_{HB} + P_{max}}{6}, \quad (4.12)$$

Дисперсия δ^2 вычисляется по формуле:

$$\delta^2 = \left(\frac{t_{max} - t_{min}^2}{6} \right), \quad (4.13)$$

Минимальные, наиболее вероятные и максимальные значения вероятностей определены экспертами. Мнение экспертов основывалось на анализе данных о случаях отказа ГД и рулевого управления на судах типа «JHON-N». Вероятностные оценки относительно течения и ветра определялись на основе анализа розы ветров для рассматриваемого сезона/месяца года, карты течений, данных лоции. В краткосрочной перспективе анализировались синоптические карты и прогнозы погоды береговых гидрометеорологических станций. Вероятностные оценки по каждому из событий приведены на рисунке 4.3. При переходе событий используются знаки «и», «или». В случае знака «и» вероятностные оценки событий умножаются, а в случае знака «или» оценки складываются [108]. Так, например, $M = AB$; $A = C+D$; $B = EF$. Вероятностные оценки наступления событий можно определить методом нечетких чисел, но этот метод более трудоемкий и требует выполнения большого числа расчетов, а также дает приблизительный результат.

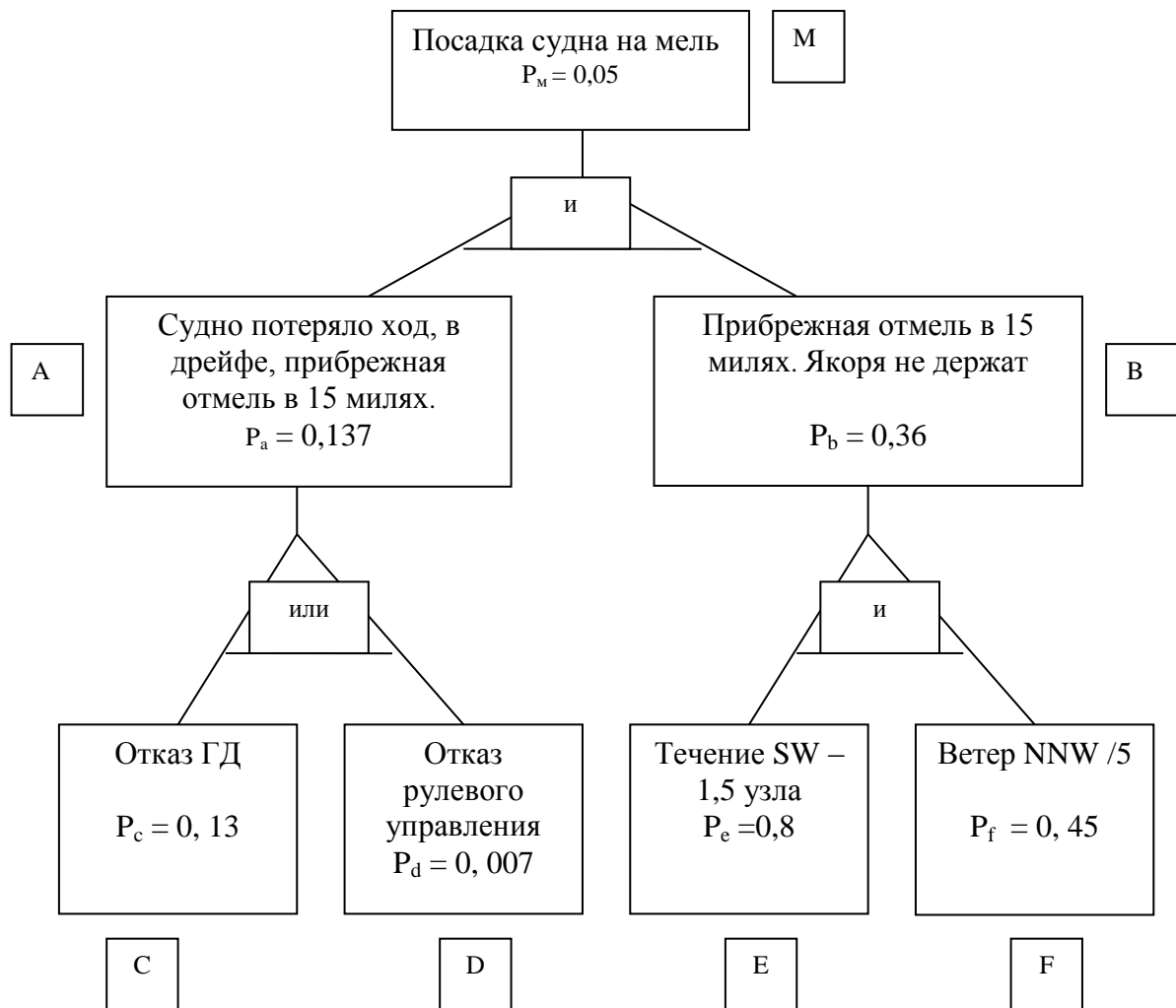


Рисунок 4.3– Дерево отказов - развития ЧС (посадки судна на мель)

Анализ дерева отказов показывает, что риск посадки судна на мель не слишком велик (частота возникновения события находится в пределах $(10^{-1} \div 10^{-2})$), т.е. мы имеем случай критического события, и риск будет ниже допустимого при условии принятия мер безопасности. В качестве такой меры можно рекомендовать проложить курс судна на таком расстоянии от опасностей (если это возможно), чтобы в случае отказа ГД судно могло дрейфовать на чистой воде 18-20 часов (время необходимое для ремонта). Основная задача капитана – предпринять все возможные меры по удержанию судна на глубокой воде до

прихода судна-спасателя. Необходимо разработать и реализовать план мероприятий, направленных на снижение уровня риска посадки на мель.

При разработке плана необходимо руководствоваться принципами: необходимости, рациональности, реализуемости, «не навреди». Первостепенная забота капитана – это безопасность людей. Экипаж должен находиться на судне до тех пор, пока судно является более безопасным убежищем, чем иное средство. В рассматриваемом случае крупнотоннажное судно на мели для экипажа опасности не представляет (по крайней мере, при ветрах 5-7 баллов).

В рассматриваемой ситуации можно предложить следующие мероприятия:

1. Согласовать со страховщиками и судовладельцем вопрос привлечения судна/буксира – спасателя и время его прибытия к месту аварии. Наладить связь с судами, находящимися в районе аварии.

2. Приспустить оба якоря, для уменьшения скорости дрейфа.

3. При выходе судна на глубины 100 – 120 м отдать 9 смычек одного якоря.

4. При выходе на глубины 70-100 м отдать (при необходимости) второй якорь.

5. Подготовить спасательные средства, для случая оставления судна экипажем.

6. Выполнить анализ гидрологической и метеорологической информации по району, а также имеющихся прогнозов погоды. На основе анализа определить прогностические оценки развития скорости дрейфа судна, в том числе дрейфа с якорями на грунте (для случая, когда грунт не держит).

7. Обеспечить непрерывность контроля, получения информации о состоянии судна и среды, ее анализ и корректировку управляющих решений.

8. Обеспечить устойчивую связь и взаимодействие с судном-спасателем.

В рассматриваемом случае если судно будет выброшено на каменистый грунт, то велика вероятность получения пробоин в днище судна, что представляет угрозу разлива топлива и нефтепродуктов в море. Следует отметить то обстоятельство, что в рассматриваемом районе аварии не представляется возможным локализовать зону разлива топлива силами экипажа. Капитан судна

должен дать соответствующую информацию о загрязнении моря нефтью в соответствующие инстанции в соответствии с требованиями нормативных документов.

Таким образом, сценарий и дерево событий отражают динамику развития ЧС. В случае посадки судна на мель/каменистый грунт возможны два основных исхода: 1) конструктивное разрушение судна, т.е. гибель судна в случае тяжелых погодных условий (ветры западных направлений свыше 20 м/сек.); 2) если повреждения корпуса ограничиваются пробоинами днища судна и погода позволяет проводить спасательные операции, то решение по снятию судна с мели принимает судовладелец совместно со страховщиками.

Ущерб будет исчисляться или, исходя из факта гибели судна, или из факта снятия судна с мели и его буксировки в порт-убежище.

Рассмотренное выше дерево отказов – это вариант прогноза развития ЧС и все расчеты следует рассматривать как априорные. Как оценить ситуацию в случае реальных событий, когда уже случилась аварийная остановка двигателя?

В этом случае расчет риска посадки судна на мель следует вести исходя из уже случившегося события, т.е. отказа ГД. Так вероятность отказа принимаем равной единице ($P_c = 1$), а следовательно и $P_a = 1$. Тогда вероятность наступления события М – посадки судна на мель $P_m = AB = 1 * 0,29 = 0,29$. Это уже высокий уровень опасности и по шкале, приведенной в [5] ($10^{-1} \div 10^{-2}$) относится к группе критических, требует принятия дополнительных мер безопасности. Наиболее эффективной мерой является взятие аварийного судна на буксир судном-спасателем. Далее, в зависимости от ситуации с ремонтом двигателя принимается решение – или продолжать рейс и следовать по назначению или буксировать судно в порт-убежище.

Как показывает анализ, посадка судна на мель может быть **преднамеренной**, когда есть угроза затопления на большой глубине и **непреднамеренной**.

Наиболее эффективными мерами при преднамеренной посадке судна на мель со стороны экипажа должны быть следующие действия:

- выбрать место выброса на мель с учетом всех обстоятельств, которые имели бы положительный результат при снятии с мели;
- скорость судна должна быть минимальной, но достаточной для управляемости судна;
- в момент касания грунта руль поставить в ДП судна, немедленно застопорить ГД (см. рисунок 4.4);
- после посадки на мель заполнить носовые балластные танки, а при малом уклоне грунта заполнить и другие танки для уменьшения разворота судна лагом к волне [65].

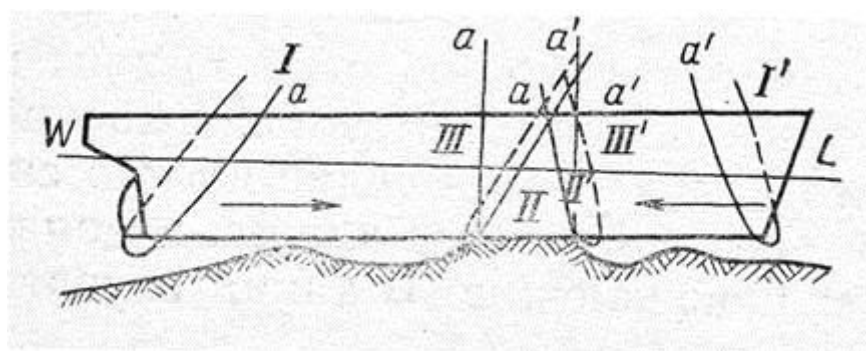


Рисунок 4.4 – Касание грунта днищем судна

При **непреднамеренной** посадке судна на мель действия экипажа следующие:

- в момент касания грунта руль поставить в ДП судна, немедленно застопорить ГД;
- объявить общесудовую тревогу;
- зафиксировать в судовом журнале время касания грунта, курс и скорость перед посадкой, крен, координаты;
- устанавливают данные по прогнозу погоды;
- производят расчет приливо-отливных явлений в этом месте;
- устанавливают связь с судами, находящимися поблизости;
- сообщают в службу безопасности мореплавания судходной компании о случившемся;
- определяют возможность самостоятельного снятия с мели или срочно вызывают спасателей;

- при приближении шторма или в штормовую погоду принимают меры по закреплению судна на мели путем взятия балласта или затопления отсеков;
- поднять в соответствии с МППСС-72 огни или знаки – судно на мели (см. рисунок 4.5).

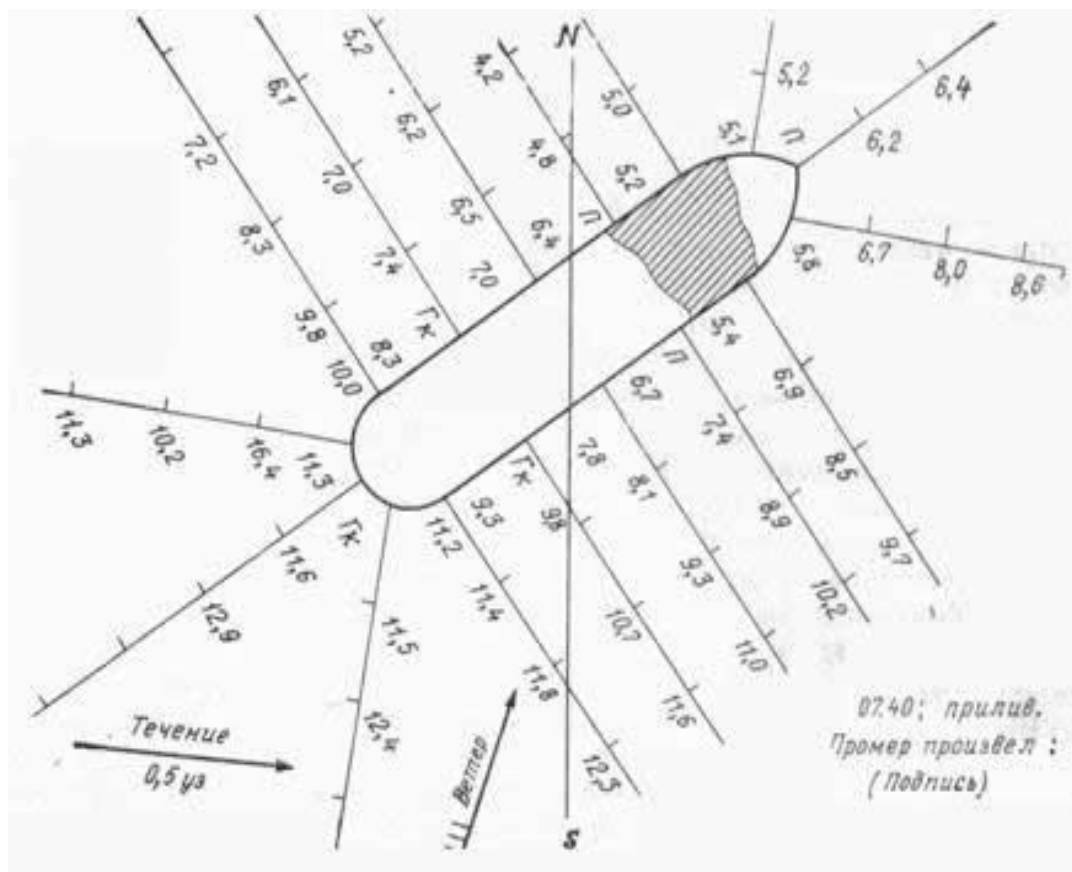


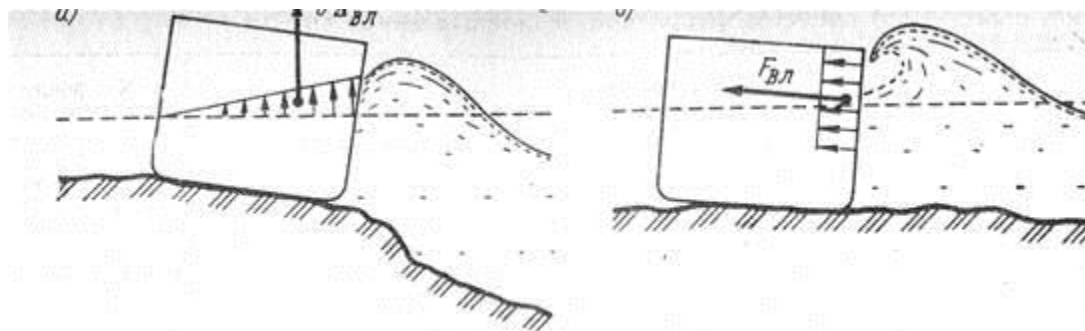
Рисунок 4.5 – Действия экипажа судна при непреднамеренной посадке судна на мель

Рекомендации экипажу судна, севшему на мель:

- не увеличивать размеров аварии;
- сообщать об изменении обстановки через 2–4 часа;
- производить контроль уровня воды в льялах и междудонных отсеках, при этом определять и вкус воды (пресная/соленая);
- шум выходящего воздуха при откручивании пробки мерительной трубки говорит о том, что в этот отсек поступает вода;
- необходимо принимать меры по заделке пробойны и откачке воды;
- составляют планшет глубин.

При этом судно, сидящее на мели, испытывает действие нескольких сил, разных по своей природе:

Сила реакции грунта (давление веса судна на грунт) – рассчитывается как потеря водоизмещения по разности осадок до и после посадки на мель (см. рисунок 4.6).



Действие волн на судно, сидящее на мели

Рисунок 4.6 – Действие волн на судно, сидящее на мели

Сила присоса грунта возникает от продавливания корпусом судна грунта. Оценивается коэффициентом, зависящим от массы судна и от рода грунта. Для крупного песка с галькой – $0,05 \div 0,10$; для вязкой глины – $0,25$ и т. д.

Сила ударов волн может быть положительной (снимает судно с мели) или отрицательной (разбивает корпус судна о грунт).

Сила ударов о грунт вследствие зыби или волнения возникает как результирующие от воздействия двух сил: вертикальной силы взвешивающего давления и горизонтальной силы бокового давления, которые также могут иметь положительный и отрицательный результат.

Сила ветрового давления учитывается только при снятии судна с мели стягиванием (при развороте не учитывается). Определяется с помощью формул, таблиц и графиков.

В зависимости от имеющихся средств для снятия судна с мели и от характера посадки применяются следующие способы и методы:

1. **Самостоятельно** - работой своих машин, дифферентованием и кренованием, частичной или полной разгрузкой, завозом якорей;

2. С помощью других судов и средств - разворотом или буксировкой (способ рывка) другими судами и с помощью судоподъемных средств (см. рисунок 4.8).

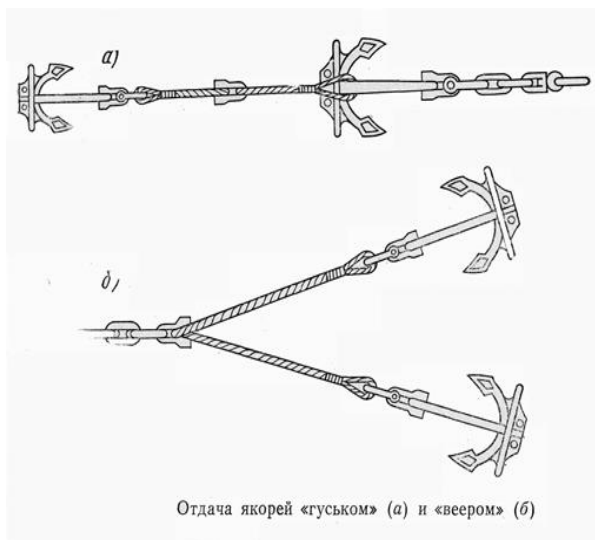


Рисунок 4.7 – Способы снятия судна с мели

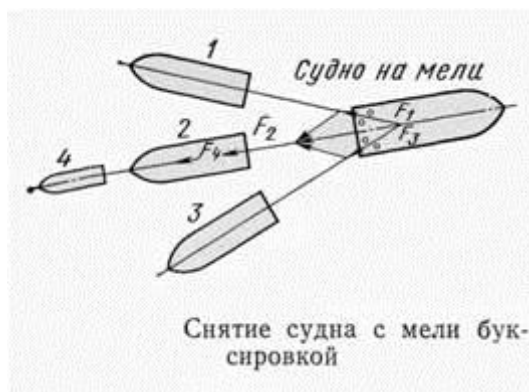


Рисунок 4.8 – Снятие судна с мели буксировкой

В процессе проведения спасательной операции, как правило, применяют несколько способов сразу. Для проведения спасательных работ по снятию с мели иногда возникает необходимость в заделке полученной пробоины, откачке воды, размыве грунта, проделке каналов, проведении водолазных работ и т. д. (см. рисунок 4.9).

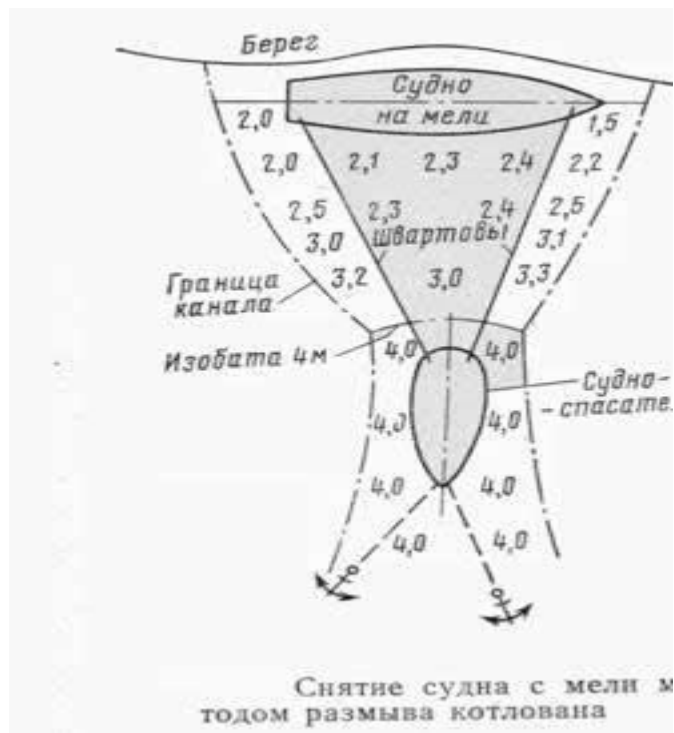


Рисунок 4.9 – Снятие судна с мели методом размыва котлована

Предварительная оценка возможности снятия судна с мели может быть выполнена по методике, приведённой в Приложении Б.

4.4 Оценка ущерба при возникновении ЧС на транспорте

Оценка ущерба, причиненного в результате аварии (реализации риска) включает прямые и косвенные убытки. Прямые убытки – это ущерб, причиненный здоровью, имуществу или имущественным интересам. Косвенные убытки – это, в первую очередь упущенная выгода вследствие невозможности осуществлять деятельность, приносящую прибыль (например, грузоперевозки). Рассмотрены следующие виды ущерба применительно к схеме мультимодальной грузоперевозки:

- ущерб судну, ж/д вагону, автомобилю и грузу. Так, в случае гибели судна или другого транспортного средства ущерб равен полной восстановительной стоимости судна/другого транспортного средства. Ущерб грузу – это стоимость потерянного и испорченного груза, включая расходы, связанные с приобретением груза;

- убытки, связанные с потерей прибыли в результате невозможности выполнения судном/другим транспортным средством своего назначения;
- убытки, связанные с потерей или порчей груза;
- ущерб жизни и здоровью экипажа судна/другого персонала, задействованного в процессе перевозки. В состав убытков включаются: оплата расходов на лечение травмированных работников, оплата санаторно-курортного лечения, выплаты по нетрудоспособности и инвалидности, компенсации родственникам в случае смерти, компенсации за вынужденные прогулы по болезни и другие виды выплат;
- нанесение ущерба окружающей среде. В состав убытков входят выплаченные компенсации за долговременные последствия проявления загрязнения окружающей среды, ухудшение качества и выбытие из оборота природных ресурсов;
- нанесение прямого ущерба третьим лицам (например, в случае столкновения с другим судном или транспортным средством);
- убытки, связанные с недопоставкой судном продукции. К ним относятся штрафы за невыполнение обязательств по поставкам продукции, судебные издержки и т.д.

При движении судна по морю можно ожидать следующие сценарии развития аварии или аварийного происшествия:

1. Вследствие навигационной ошибки или в условиях плохой видимости происходит посадка судна на мель или столкновение с другим судном. При этом корпус судна может быть повреждён или остаться не повреждённым. При повреждении корпуса может быть затопление отсеков [49, с.89-96; 70, с. 98-100].

2. При маневрировании в стеснённых условиях с вышеперечисленными опасностями тоже может произойти посадка на мель и столкновения, сопровождающиеся повреждениями корпуса и затоплением отсеков.

Вследствие затопления отсеков судно приобретает крен и дифферент.

Поэтому, для дальнейшего анализа и рассмотрения навигационные ошибки, посадка на мель и столкновения, принимаются как более опасные.

В нашем случае, авария развивается из наступления независимых событий: плохие погодные условия – посадка на мель (столкновения с другим судном) – повреждение корпуса судна с затоплением отсеков – аварийный крен и дифферент – гибель судна.

Как оценить ситуацию в случае реальных событий, когда уже случилась аварийная остановка двигателя? В этом случае расчет риска посадки судна на мель следует вести исходя из уже случившегося события, т.е. отказа ГД.

В Параграфе 4.3. мы приняли вероятность отказа равной единице ($P_c = 1$), а следовательно и $P_a = 1$. Тогда вероятность наступления события М – посадки судна на мель $P_m = AB = 1 * 0,29 = 0,29$.

Эту вероятность мы определили как высокий уровень опасности, который требует принятия дополнительных мер безопасности. Наиболее эффективной мерой является взятие аварийного судна на буксир судном-спасателем. Далее, в зависимости от ситуации с ремонтом двигателя принимается решение – или продолжать рейс и следовать по назначению или буксировать судно в порт-убежище.

При случившемся отказе, возникновении ЧС (посадке судна на мель) необходимо учесть сумму на затраты по снятию судна с мели, буксировке и ремонту самого судна.

Предварительная оценка ремонта судна обойдется 250 тыс. долл. США.

Снятие судна с мели и буксировка – 650 тыс. долл. США. (данные цифры взяты из аналогов 1997 года).

Расчет цены риска ЧС в море выполним по формуле (2.39):

$$R_3 = \sum_j r_n \times W_j$$

$$R_3 = (250\,000 + 650\,000) * 0,29 = 261 \text{ тыс. долл. США}$$

Предварительная цена риска (при прогнозировании ЧС – посадке судна на мель) будет равна:

$$R = 45 \text{ тыс. долл. США (с вероятностью посадки на мель } 0,05).$$

При этом величина ожидаемой прибыли при перевозке морем составляет 500 тыс. долл. США.

Минимальные потери «имущества» (транспорт, груз, фрахт) составят 4 500 000 рублей, а максимальные составят 19 000 000 рублей, тогда наиболее вероятную сумму убытков можно рассчитать по формуле

$$W_{\text{нв}} = (2 W_{\text{min}} + W_{\text{max}}) / 3,$$

$$W_{\text{ож}} = 9,3 \text{ млн.руб}$$

дисперсия

$$\sigma^2 = 0,012(W_{\text{max}} - W_{\text{min}})^2$$

$$\sigma^2 = 2,52 \text{ млн.руб}$$

Цена совокупного риска возникновения ЧС в процессе морской перевозки составит:

$$R_{\text{я}} = 0,29 \times 9,3 \text{ млн.руб} = 2,69 \text{ млн.руб. или } 2\,690\,000 \text{ рублей.}$$

Решение по снятию судна с мели и буксировке принимает судовладелец и страховщик. Для принятия решения в части допустимости риска (предполагается, что угрозы для жизни людей нет) необходимо сравнить цену риска с величиной ожидаемой прибыли за выполнение перевозки. В случае если величина ожидаемой прибыли выше цены риска, то такой риск по коммерческим соображениям допустим. Например, в рассматриваемом примере сумма ожидаемой прибыли составляет 35,5 млн. руб., что намного превышает цену риска.

Принимая во внимание транспортный коридор «Киль-Усть-Луга-Забайкальск-Пекин», рассмотренный в Главе 2, можно рассчитать количественные оценки ущерба при возникновении ЧС в процессе перевозки.

Перед руководством компании, находящейся в городе Киль, стоит задача - доставить партию легковых автомобилей в Китай при минимальных затратах и издержках, при этом критерий безопасности превалирует. Есть три варианта решения данной задачи:

1. Осуществить перевозку автомобилей без предварительной оценки всех рисков.

2. Произвести оценку всех рисков, которые могут возникнуть в процессе морской, железнодорожной, автомобильной транспортировки и лишь затем заключить договор на перевозку.

3. Доверить осуществление перевозки транспортной компании, тем самым переложить на нее ответственность за принятие решения в условиях риска.

Исходными данными для решения данной задачи будут являться:

Стоимость партии автомобилей – 5,370 млн. у.е.

Стоимость страхового полиса – 550 тыс. у.е.

Проведение мероприятий по оценке рисков – 450 тыс. у.е.

Услуги транспортной компании – 210 тыс. у.е.

Возможны также два варианта развития событий – успешная доставка груза конечному потребителю и наступление страхового случая. Если груз будет успешно доставлен конечному потребителю в Китай, то компания понесет только расходы, связанные с покупкой страхового полиса и/или проведением мероприятий по оценке рисков при перевозке, либо оплатой услуг транспортной компании. При наступлении же страхового случая страховая компания возмещает стоимость груза в полном объеме, но с вычетом стоимости страхового полиса, к тому же компания тогда терпит убытки, связанные с проведением мероприятий по оценке рисков.

Таким образом, получаем следующую модель поведения компании при решении данной проблемы (рисунок 4.10):



Рисунок 4.10 – Модель поведения компании при решении задачи доставки груза в Пекин

Если принять вероятности успешной доставки груза и наступления страхового случая за 0,5, то мы получим, что средний ожидаемый выигрыш составит:

Для перевозки без предварительной оценки рисков:

$$0,5 \cdot (-550000) + 0,5 \cdot 4820000 = 2135000$$

Для перевозки с предварительной оценкой рисков:

$$0,5 \cdot (-1000000) + 0,5 \cdot 4370000 = 1685000$$

При перевозке другой транспортной фирмой:

$$0,5 \cdot 210000 + 0,5 \cdot 210000 = 210000$$

В данном случае выбирается тот вариант, при котором имеется среднее значение ожидаемого выигрыша, этому значению соответствует вариант с предварительным проведением комплекса мероприятий по оценке риска. В том же случае, если руководство компании решает рисковать, то оно может принять первый вариант, если же оно не имеет предрасположенности к риску, то можно выбрать третий путь решения проблемы.

В ходе анализа всех рисков, которые могут возникнуть при мультимодальных перевозках, можно применять метод построения деревьев событий. В частности этот метод может помочь при возникновении трудностей во взаимодействии различных видов транспорта и инцидентов, связанных, например, со срывом сроков в доставке груза.

Пример построения дерева событий для случая срыва сроков доставки груза из порта Киль в порт Усть-Луга. На каждом шаге развития событий рассматриваются две возможности: срабатывание системы или отказ. Предполагается, что каждое последующее звено срабатывает только при условии срабатывания предыдущего. Около каждой ветви указывается вероятность отказа (P), либо вероятность срабатывания ($1-P$). Все элементы развития ситуации, связанной со срывом сроков поставки, можно представить в следующей последовательности:

1. Несвоевременность в доставке груза из порта Киль в порт Усть-Луга из-за неблагоприятных погодных условий.
2. Организация отправки железнодорожных составов из порта Усть-Луга в Забайкальск за счет запасов, сделанных на портовых складских площадках.
3. Получение отсрочки в доставке от клиента, находящегося в Пекине, и от железнодорожного перевозчика в Усть-Луге.

Таким образом, дерево событий будет иметь следующий вид [33]:

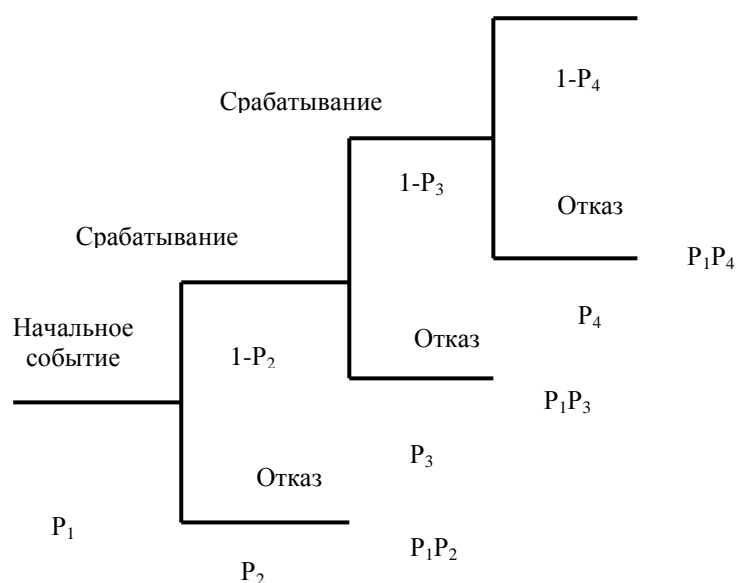


Рисунок 4.11 – Дерево событий срыва сроков поставки груза

Построив дерево событий, можно последовательно проследить за последствиями каждого инцидента, который может возникнуть в ходе мультимодальной перевозки, и вычислить максимальную вероятность наступления главного события, которым является неэффективная работа транспортного коридора, от каждого из таких инцидентов. Здесь очень важно не пропустить какой-либо из возможных инцидентов и учесть все промежуточные звенья каждой из рассматриваемых систем. Этот метод дает достоверные результаты вероятности главного события, но при этом должны быть достоверно известны вероятности исходных и промежуточных событий. Для этого можно воспользоваться методикой расчета вероятностей предложенной выше.

Рассматривая отдельно морскую составляющую всего маршрута «Киль-Усть-Луга», необходимо отметить, что преобладающими составляющими будут являться опасности, связанные со штормами, ветром, волнениями и т.д. Гидрометеорологические условия для плавания судов в Балтийском море не простые. Одной из причин, осложняющих плавание, являются штормы. Неблагоприятная обстановка для судоходства создаётся при ухудшении видимости из-за осадков и туманов. Средняя месячная скорость ветра в открытом

море с сентября по май колеблется от 6 до 12 м/с, а с июня по август, как правило, не превышает 6 м/с. Ветры со скоростью 15 м/с и более в открытом море, наиболее вероятны с октября по март, когда повторяемость их 5÷15%. С апреля по сентябрь повторяемость этих ветров не превышает 5%. В открытом море наибольшая повторяемость туманов 15÷25% отмечается в июле и августе, а наименьшая 1÷2% - в декабре и январе [33; 65].

После рассмотрения условий плавания можно выделить следующие опасности, которые предстоит встретить судну на участках маршрута. Это туманы, облачность, штормы, ветер и плохая видимость, осложняющие условия плавания.

Предотвратить или повлиять на опасности (природные явления), которые могут вызвать рассматриваемую аварию никто не в силах. Однако можно предпринять ряд организационно-технических мер, для того, чтобы уменьшить последствия воздействия этих опасностей. Организационными мерами в данном примере являются:

- анализ долговременных прогнозов гидрометеоусловий на маршруте следования и выбор благоприятного для движения судна периода времени;
- тщательная проработка маршрута перехода, назначение мест или портов-убежищ;
- подготовка членов экипажа судна, необходимых технических средств и отработка действий в случае возможной аварийной ситуации.

По оценкам экспертов проведение мероприятий по снижению рисков 40 тыс. у.е. Разница в цене риска до и после проведения организационно-технических мероприятий по снижению риска и будет рассматриваться как экономическая эффективность.

Подобные расчеты необходимо проводить в каждом конкретном случае.

Для того чтобы определить, какое правильное управленческое решение необходимо принять в конкретном случае, надо определить к какому типу убытков относятся рассматриваемые убытки.

Подводя итог вышеизложенному, 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.

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЁРТОЙ ГЛАВЕ

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. Решение задачи «Расчет прогностической оценки вероятностного состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна» производится на основе использования пакета прикладных программ MathCad. Алгоритм решения задачи и блок-схема алгоритма представлена в Приложении А.

Используемый метод сценариев развития АС в море является эффективным средством при анализе возможных путей развития различных видов аварий, определении задач при упреждении ЧС и снижения возможных последствий аварий.

Рассмотрены методологические основы прогнозирования рисков возникновения и развития ЧС в море на примере судна «JHON N», на его основе разработан сценарий развития ЧС и дерево отказов развития ЧС (посадки судна на мель), которые отражают динамику развития ЧС.

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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведен и представлен комплекс исследований, который позволил получить следующие выводы и результаты:

1. Система управления рисками в морских и мультимодальных перевозках является частью государственной системы обеспечения безопасности товаров и услуг, в том числе транспортных, относительно их потребителей и внешней среды. 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.

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

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.

Практическое использование такого подхода интегральной оценки позволяет уже на этапе раннего проектирования транспортно-технологических схем (ТТС) мультимодальных перевозок оценить альтернативные варианты ТТС по критериям риска и разрабатывать мероприятия по снижению уровня риска в целях повышения безопасности перевозок и сохранности грузов. При этом для каждого отдельного этапа перевозки производится анализ факторов, влияющих на процесс перевозки, определяются факторы риска и рассчитываются прогностические оценки риска ЧС.

3. Представлен усовершенствованный вариант комплекса 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.

4. Разработана модель системы управления рисками ЧС в 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. Также модель дополнена блоками реализации, контроля и принятия решений. Представленная схема управления рисками способна в процессе организации перевозки грузов оценить проект ТЛС на эффективность, и в случае неэффективности проекта, разработать мероприятия по минимизации рисков и предупреждению ЧС. Методика оценки рисков строится на основе использования общей модели сценария развития аварийных ситуаций, теории нечётких множеств и экспертных оценок. При расчёте оценок риска необходимо учитывать причинно-следственные связи в логике: «обстоятельства/условия — причины — следствия».

Предложенная методика оценки рисков включает как методы расчёта вероятностных оценок рисков в мореплавании (в морской индустрии), так и расчёты цены риска, т. е. ожидаемой величины ущерба судну, грузу, окружающей среде в случае, если ситуация риска будет реализована (произойдёт авария).

Уровень допустимого риска определяется путем сравнения цены риска с величиной ожидаемой прибыли, которую получит судовладелец при выполнении рейса. В случае если величина ожидаемой прибыли выше цены риска, то такой риск можно считать допустимым (предполагается, что угрозы для жизни людей нет).

5. 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 т.д.

6. Разработаны критерии технико-технологической безопасности и эффективности 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.

7. 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. Решение задачи “Расчет прогностической оценки вероятностного состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна ” производится на основе использования пакета прикладных программ MathCad. Алгоритм решения задачи и блок-схема алгоритма представлена в Приложении 1.

8. На примере судна «JHON N» разработаны сценарий развития ЧС и дерево отказов развития ЧС (посадки судна на мель), которые отражают динамику развития ЧС . 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 морских и мультимодальных грузоперевозок и в учебный процесс.

Список использованных источников

1. О транспортной безопасности: Федеральный закон Российской Федерации от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ // Рос. Газета. – 2007. – 14 февраля. - № 31.; Собр. законодательства. – 2007. – 12 февраля. - № 7. – Ст. 837.
2. О техническом регулировании: Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ // Рос. Газета. – 2002. – 27 декабря. - № 245. – С. 5.
3. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. ФЗ № 68 // Собр. законодательства. – 1994. - № 35. – Ст. 3648.
4. О безопасности: Федеральный закон Российской Федерации от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ // Рос. газета. – 2010. - № 295. – 7с.
5. Приказ Ростехнадзора № 188 от 13.05.2015г. «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" (Зарегистрирован в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору 13.05.2015г.).
6. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (с изменениями и дополнениями): Указ Президента РФ от 11.07.2004 г. № 868 // Собр. законодательства. – 2004. - № 28. – Ст. 2882.
7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий: ГОСТ Р 22.0.02-94. – Введ. 01.01.1996. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 16 с.
8. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте: ГОСТ Р 54505-2011. – Введ. 01.08.2012. – М. : Стандартинформ, 2012. – 40 с.
9. Кодекс по расследованию морских аварий и инцидентов (Резолюция А.849 (20) // Сборник кодексов ИМО. – СПб. : ЗАО ЦНИИМФ, 1997. – 330 с.
10. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (SOLAS-74/78). – Лондон: ИМО, 1978. – 436 с.

11. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78). -). – Лондон: ИМО, 1978. – 378 с.
12. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию. Том 2. Координация операций. (IAMSAR Vol.2). - Монреаль, Канада: ИМО/ИКАО, 1999. – 213 с.
13. О Федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года»: Постановление Правительства Российской Федерации от 07.07.2011 г. № 555 // Собр. законодательства. – 2011. - № 30 (4.П). – Ст. 4633.
14. Абчук В.А. Теория риска в морской практике. - Л.: Судостроение, 1983. – 152 с.
15. Азанов С.Н. Еще раз о риске. / С.Н. Азанов, С.Н. Вангородский, Ю.Ю. Корнейчук // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М. : ВИНТИ, 1999. - Вып.7. - С.32-51.
16. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие в системе образования МЧС России / В.А. Акимов, В.В. Лесных. - М. : Деловой экспресс, 2004. - 352 с.
17. Александров М.Н. Безопасность человека на море. - Л.: Судостроение, 1983. – 208 с.
18. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. - М.: Финансы и статистика, 1996.- 192 с.
19. Балдин К.В. Риск - менеджмент: Учебное пособие / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев. - М. : Гардарики, 2005. – 285 с.
20. Балдин К.В. Управление рисками / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев. - М. : Юнити-Дана, 2012. - 511 с.
21. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков. - М. : Высш. шк., 2007. – 448 с.

22. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Статистика, 1980. – 263 с.
23. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности: Спб. : Академия, 2010. – 314 с.
24. Буралев Ю. В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте: Учебник для студентов вузов. –М. : Академия, 2010. - 288 с.
25. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология.– М.: Наука, 1980. – 208 с.
26. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М. : Наука, 1989. - 364 с.
27. Винников В.В. Логистика на водном транспорте: Учебное пособие / В.В. Винников, Е.Д. Быкова, С.В. Винников. - Одесса: Феникс , 2004. - 222 с.
28. Владимиров В.А. Оценка риска и управление техногенной безопасностью / В.А. Владимиров, В.И. Измалков, А.В. Измалков. - М. : Деловой экспресс, 2002. - 183 с.
29. Гаджинский А.М. Основы логистики: Учебное пособие. М. : ИВЦ Маркетинг, 1999. - 228 с.
30. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. - М. : Высшая школа, 2004. – 404 с.
31. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд - во Дело и Сервис, 2002. - 160 с.
32. Громова Э.П. Математические методы и модели в планировании и управлении на морском транспорте. - М. :Транспорт,1979. – 360 с.
33. Гуральник Б.С. Формальная оценка безопасности перевозки грузов // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах регионах Балтийского моря, Новые вызовы и ответы: Материалы VIII Международной конференции. - Калининград: Изд - во БГАРФ, 2010. - С.120-124.

34. Елин Е.А. Управление рисками в логистике / Е.А. Елин, Д.А. Гусев. - М.: Академия, 2010. - 192 с.
35. Елохин А.Н. К вопросу определения критериев приемлемости риска // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М. : ВИНТИ, 1994. - Вып.8. - С. 42-61.
36. Ильин А.А. Школа выживания при авариях и стихийных бедствиях.-М. : Эксмо - Пресс, 2001. – 194 с.
37. Кириченко А. В. Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств. / А. В. Кириченко, С. В. Латухов, В. А. Никитин, О. А. Ражев. — СПб: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 368 с.
38. Киценко В.Н. Анализ причин возникновения аварийности судов// Морская индустрия, транспорт и логистика в странах регионах Балтийского моря, Новые вызовы и ответы: Материалы VIII Международной конференции. - Калининград: Изд - во БГАРФ, 2010. - С.82-91.
39. Клейнер Г.Б. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность / Г.Б. Клейнер, В.Л. Тамбовцев, Р.М. Качалов; под общ. ред. С.А. Панова. - М. : Изд-во Экономика, 1997. - 288 с.
40. Клепиков В. В. Организация мультимодальных перевозок грузов на основе логистических методов: Дис. ... канд. техн. Наук. - М., 2006. -120 с.
41. Клепиков В.В. Железнодорожный транспорт в организации перевозок внешнеэкономических грузов // Наука-транспорту. - 2005. - № 11. – С. 14 - 15.
42. Королев В. Ю. Математические основы теории риска: Физико-математическая литература / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. – М. : Физматлит, 2007. - 591 с.
43. Косарев Л.Н. Безопасность движения поездов и подвижного состава железных дорог. Методы анализа риска возникновения опасного события: Проект стандарта отрасли / Л.Н. Косарев, В.М. Рудановский. - М. : МПС России, 1997. – 25 с.
44. Костевич Л.С. Теория игр. Исследование операций / Л.С. Костевич, А.А. Лапко. - Минск: Высш. шк., 1982. - 230 с.

45. Котик М.А. Природа ошибок человека-оператора / М.А. Котик, А.М. Емельянов. - М. : Транспорт, 1993 г. - 251 с.
46. Кофман А. Сетевые методы планирования и их применение/А. Кофман, Г. Дебазей.-М.: Прогресс, 1968г. – 182 с.
47. Кричевский В. Почему гибнут корабли // Судоходство. - 2000. - № 9. - С. 21 -28.
48. Кузнецов Е.Г. Готовность инженеров по организации перевозок и управлению на водном транспорте к решению профессиональных экологических задач и технология ее формирования в вузе: Монография.- Калининград: БВМИ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2006. - 112 с.
49. Логиновский В.А. Моделирование оценки вероятности посадки судна на грунт с помощью нечетких чисел // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова – 2013. - № 1. - С. 89-96.
50. Мартынюк И.В. Выбор критериев сравнения оценок риска по различным маршрутам перевозки опасных грузов // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта : Сб. научн. трудов молодых учёных, аспирантов и докторантов. - Ростов н/Д: РГУПС. - 2005. - С. 64-66.
51. Мартынюк И.В. О разработке принципов и методов прогнозной оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта, 2006. - № 4. - С. 52-58.
52. Мартынюк И.В. Повышение безопасности железнодорожных перевозок опасных грузов с учётом взаимодействия с другими видами транспорта и окружающей средой: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 2007. - 158 с.
53. Мартынюк И.В. О проблемных вопросах технического регулирования на железнодорожном транспорте / И.В. Мартынюк, О.Н. Попов: Труды Седьмой науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов" (дополнение). - М., 2006. - С. 2-3.
54. Мартынюк И.В. Снижение рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера - стратегическое научно-техническое направление на

железнодорожном транспорте / И.В. Мартынюк, О.Н. Попов, Н.С. Флегонтов: Сб. докладов 8-ой Всерос. науч.-практ. конф. МЧС России. - М., 2003. - С. 63-82.

55. Мاستрюков Б.С. Безопасность в ЧС: Учебник для студентов. - 5-е изд., стер. - М.: Академия, 2008. - 336 с.

56. Машинистов Ю.А. Снижение рисков при обеспечении безопасности и сохранности перевозимых грузов в смешанных автомобильно-железнодорожных сообщениях: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 2009. - 151 с.

57. Мейлер Л.Е. Анализ проблемы оценки рисков в промышленном рыболовстве / Л.Е. Мейлер, В.А. Бондарев, С.С. Мойсеенко, О.Г. Фаустова: Материалы XI Балтийского морского форума, Светлогорск, (26-30 мая 2014г.). - Калининград: БГАРФ, 2014. - С. 269-278.

58. Милославская С.В. Мультимодальные и интермодальные перевозки: Учеб. пособие для студ.вузов. - М.: РосКонсульт, 2001. - 368 с.

59. Миротин Л.Б. Транспортная логистика: Учебник. - Москва, 2005.— 506с.

60. Мойсеенко С.С. Методология проектирования транспортных процессов и систем: Монография / С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер. - Калининград: БГАРФ, 2010. - 210 с.

61. Мойсеенко С. С. Анализ проблемы оценки рисков в промышленном рыболовстве / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер, В. А. Бондарев [и д р.] / / Материалы II Балтийского морского форума. — Светлогорск, 26 – 30 мая. — 2014. — С. 76–83.

62. Мойсеенко С. С. Формирование интегральной оценки рисков возникновения ЧС в мультимодальных грузоперевозках / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер, О. Г. Фаустова // Материалы I Балтийского морского форума. — Светлогорск, 28 – 31 мая. — 2013. — С. 265–270.

63. Мойсеенко С.С. Проектирование транспортно-логистических систем: Учебное пособие. - Калининград: БГАРФ, 2009. – 184 с.

64. Мойсеенко С.С. Социально-педагогические условия продолженного профессионального образования морских инженеров: Монография. - Калининград: БГАРФ, 2004. – 210 с.

65. Мойсеенко С.С. Безопасность морских грузоперевозок: Монография/ С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер. - Калининград: БГАРФ, 2011. - 398 с.

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

67. 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 ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова. - Вып. 4(26). - Санкт-Петербург: ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2014г. - С.47-54.

68. Мойсеенко С.С. Повышение безопасности морских перевозок на основе управления рисками / С.С. Мойсеенко, В.Л. Грудинина // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах региона Балтийского моря. Новые вызовы и ответы: Материалы VIII Международной конференции (21-25 июня 2010 г.). - Калининград: БГА РФ, 2011. - С. 368-376.

69. Мухин В.И. Исследование систем управления. Анализ и синтез систем управления.- М.: Экзамен, 2003. – 384 с.

70. Некрасов С.Н. Оценка и прогнозирование опасных навигационных ситуаций / С.Н. Некрасов, И.В. Капустин, М.С. Старов. // Журнал университета водных коммуникаций. – СПб: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2013. — Вып. 2 (18). С. 98-100.

71. Никитин А.М. Построение системы технического обслуживания судна на основе управления рисками // Эксплуатация морского транспорта. – СПб: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2006. – Вып. №2 (46). – С. 46-54.

72. Правдин Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта / Н.В. Правдин, В.А. Негрей, В.А. Подкопаев. - М.: Транспорт, 1989. – 208 с.

73. Палагин Ю.И., Семенюта А.А. Оптимизация транспортных процессов в логистических системах: Учебное пособие. – СПб: Академия ГА, 2001. - 85 с.

74. Панфилова А.П. Игротехнический менеджмент: Учебное пособие. - СПб.: Питер, 2003. - 536 с.
75. Петров С.В. Совершенствование методов оценки и управления аварийным риском в ЧС при перевозке нефтепродуктов на железнодорожном транспорте: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.В. Петров: М., МИИТ. – Москва, 2009. – 24с.
76. Рагозина А. Л. Природные опасности России. Оценки и управление природными рисками: Учебное пособие. - М.: Изд-во Крук, 2003г. - 320 с.
77. Решетов Н.А. Формальная оценка безопасности судна // Научн.-техн. сб. Российского морского Регистра судоходства. - Вып.20. - Спб,1997. - С. 3-9.
78. Рогов М.А. Риск-менеджмент. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 118 с.
79. Родников А.Н. Логистика: терминологический словарь. - М.: Экономика, 1995. - 251 с.
80. Романов В. Понятие рисков и их классификация как основной элемент теории рисков // Инвестиции в России. - №12, 2000 г. - С. 41-43.
81. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. - М. : МЧС России, 1994. - 76с.
82. Семенов Ю. Стратегии формирования мультимодальных транспортных цепей/ Ю. Семенов, Л. Филина // Судоходство. - 2003. - №1 - 2. - С. 22-23.
83. Смехов А.А. Введение в логистику. - М: Транспорт, 1993.-112 с.
84. Соболин В.Н. Оценка риска возникновения ДТП на дорогах Калининградской области // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах регионах Балтийского моря, Новые вызовы и ответы: Материалы VIII Международной конференции. - Калининград: БГАРФ, 2010. - С.319-325.
85. Топалов В.П. Риски в судоходстве / В.П. Топалов, В.Г. Торский. - Одесса: Астропринт, 2007. - 368 с.
86. Туревский И.С. Экономика отрасли: Учебник. – М. : Инфра-М, 2011. - 288 с.
87. Туркин В.А. Применение теории нечетких множеств для оценки риска возникновения аварий на морских судах // Морской флот. – 2002. - №3. - С.16-18.

88. Туркин В.А. Управление безопасной эксплуатацией судов на основе анализа риска// Безопасность жизнедеятельности. - 2003. - №8. - С.21-26.

89. 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 соискателей, аспирантов и докторантов (12 ноября 2009г.). - Калининград: БГАРФ, 2010. - С.138-142.

90. 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 соискателей, аспирантов и докторантов. - Калининград: БГАРФ, 2009. - С.56-61.

91. 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.

92. 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.

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

94. 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.

95. 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: БГА РФ, 2007. - С.282-285.

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

97. 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 2009г.). - Калининград: БГАРФ, 2010. - С. 226-230.

98. 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 2009г.). - Калининград: БГАРФ, 2010. - С. 226-230.

99. 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 соискателей, аспирантов и докторантов (12 ноября 2009г.). - Калининград: БГАРФ, 2010.- С.143-146.

100. 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 соискателей, аспирантов и докторантов (12 ноября 2009г.). - Калининград: БГАРФ, 2010.- С.143-146.

101. 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, 2012. - Вып. 3. - Одесса: Куприенко, 2012. – С. 43-48.

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

103. 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.

104. Фаустова О.Г. Формирование системы управления рисками ЧС в мультимодальных грузоперевозках / О.Г. Фаустова, С.С. Мойсеенко // Материалы научно-технической конференции соискателей, аспирантов и докторантов (26 октября 2012г.). - Калининград: БГАРФ, 2012. - С. 48-54.

105. Федоров Л.С. Общий курс транспортной логистики: Учебник / Л.С. Федоров, В.А. Персианов. – М. : КНОРУС, 2011. – 312 с.

106. Филоненко В.Г. Технология и организация перевозок на морском транспорте / В.Г. Филоненко, В.П. Зачесов. - М.: Феникс, 2004. - 404 с.

107. Фролов К.В. Безопасность России. Функционирование и развитие сложных технических транспортных систем / К.В. Фролов, Н.А. Махутов, А.Н. Проценко. - М.: Знание, 1998. – 448 с.

108. Хохлов Н.В. Управление риском. Учебное пособие для вузов. - М.: Юнити-Дана, 2001. - 239 с.

109. Черкасов В.В. Проблемы риска в управленческой деятельности. - М: Ваклер, 1999. - 320 с.

110. Чернов В.А. Анализ коммерческого риска. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 128 с.
111. Чернова Г.В. Управление рисками: Учебное пособие / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев. - М.: Проспект, 2008. – 160 с.
112. Шалыгин А.С. Прикладные методы статистического моделирования / А.С. Шалыгин, Ю.И. Палагин. - Л.: Машиностроение, 1986. - 320 с.
113. Эглит Я.Я. Управление транспортными системами / Я.Я. Эглит, К.Я. Эглит, В.А. Прокофьев. - СПб.: Феникс, 2004. - 423 с.
114. Bergland H. Catch regulation and accident risk: the moral hazard of fisheries' management. *Mar Resour Econ* 12 / H. Bergland, P.A. Pedersen. – 1997.- P. 281-292.
115. Casualty statistics and investigations. (Very serious and serious casualties for the 2009). - London: International Maritime Organization, 2010. – P. 32-45.
116. Champetier de Ribes G. La cartographie des mouvements de terrain des
117. Donald Waters. Supply chain management. Vulnerability and Resilience in Logistics. - London and Philadelphia. - Kogan Page Limited, 2007. - 264 p.
118. IMO Maritime Safety Committee: 'Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment' («Временное Руководство по Применению Формальной Оценки Безопасности»), MSC Circular 829, London 1997. – 45 p.
119. International Maritime Organization. <<http://www.imo.org>>.
120. International Safety Management. Code and Guidelines on Implementation of the ISM Code. — London: IMO, 2012.
121. Gucma M. Combination of processing methods for various simulation data sets / M. Gucma // *TransNav*. — 2008. — № 2(1). — P. 11–15.
122. Jin D. A model of fishing vessel accident probability. / D. Jin, H.L. Kite-Powell, E. Thunberg, A.R. Solow, W.K. Talley // *Journal of Safety Research*. — 2002. — № 33. — P. 497-510.
123. Jin D. The safety of commercial fishing: determinants of vessel total losses and injuries. / D. Jin, H.L. Kite-Powell and W.K. Talley // *Journal of Safety Research*. — 2001. — № 32(2). — P. 209-228.

124. Jin R. Human Factors in Safety – Critical Systems. Butter – worth – Heinemann / R. Jin, F. Rednill. – Rutledz, 1997. – 368 p.
125. Yin J. Quantitative Risk Assessment for Maritime Safety Management / PhD thesis. Hong Kong Polytechnic University. — 2011. <http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/4317/2/b24415613_ir.pdf>.
126. Karahalios, H. A risk appraisal system regarding the implementation of maritime regulations by a ship operator / H. Karahalios, Z. L. Yang, J. Wang // Maritime Policy & Management. — 2015. — Vol. 42. — No. 4. — P. 389–413.
127. Kobyliński L. Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties / L. Kobyliński // TransNav. —2009. — № 3 (4). — P. 443–448.
128. Kristiansen Svein. Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis, 2005. – 528 p.
129. McNeil A., Frey R., Embrechts P. Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques, and Tools, Princeton University Pres, 2005. – 256 p.
130. Perez-Labajos, C. Fishing safety policy and research. / C. Perez-Labajos // Marine Policy. — 2008. — № 32. — P. 40-45.
131. Rowe W.D. An anatomy of risk. 1977, N.-J.: John Wiley and Sons.Inc. - 488 pp.
132. Skjong R., Ronold K.O. Societal Indicators and Risk Acceptance. Proceedings of 17-th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 1998. – 268 p.
133. Spann J. Using System Simulation to Model the Impact of Human Error in a Maritime Risk assessment / J. Spann, J.R. Harrald // The Institute for Crisis, Disaster and Risk Management. The George Washington University, 1998. – P. 235-247.
134. Tallack R. Commercial Management for Shipmaster. A Practical Guide/ - NJ, London, 2001. – 285 p.
135. Vanem E. Cost-effectiveness criteria for marine oil spill preventive measures / E. Vanem, O. Endersen, R. Skjong // Reliability Engineering & System Safety. — 2008. — Vol. 93. — P. 1354–1368.

Интернет ресурсы:

136. Охрана труда. Концепция приемлемого риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ohrana-bgd.ru/bgdobsh/bgdobsh1_39.html (25 августа 2015).

137. Показатели аварийности на транспорте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// rostransnadzor.ru](http://rostransnadzor.ru) (7 июля 2015).

138. Аварийность мирового флота: причины и уроки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seaman.com.ua/articles/025/> (10 марта 2015).

139. Анализ аварийности по данным страховой корпорации «Альянс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа
<http://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/Reports/Shipping-Review-2014.pdf> (30 марта 2015).

140. Метод сценариев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.refdb.ru/look/1402829-p.3.html> (12 декабря 2015).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Блок-схема алгоритма решения задачи расчета прогностических оценок рисков ЧС состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна

На основе статистических данных, прошлого опыта и экспертных оценок можно записать переходные вероятности:

$$P_{11}=0,5 \quad P_{12}=0,3 \quad P_{13}=0,2$$

$$P_{21}=0,3 \quad P_{22}=0,3 \quad P_{23}=0,4$$

$$P_{31}=0,2 \quad P_{32}=0,5 \quad P_{33}=0,3$$

Требуется получить прогностические оценки вероятностного состояния системы через два, три, четыре, пять периодов (декад). Первоначально устанавливаются предельные вероятности системы при достаточно большом периоде упреждения $\tau=1, 2, 3, \dots, n$. Далее необходимо рассчитать вероятности отказов главного двигателя для различных состояний. Расчеты будут производиться по формуле расчета полной вероятности.

Для решения задачи используется теория случайных Марковских процессов. Рассматривается эргодическая цепь Маркова, когда любое текущее состояние S_i может быть достигнуто следующего состояния S_j за конечное число шагов. В основу алгоритма расчета положены формулы 2.33 -2.43.

Вероятности перехода можно записать в виде матрицы P :

$$P = \begin{vmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{vmatrix}$$

Вектор начальных состояний запишется

$$U(0) = \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,3 \\ 0,2 \end{vmatrix}$$

Определено состояние системы через $\tau=1$. Ее состояние описывается вектором

$$U(1) = U(0)P = [0,5 \ 0,3 \ 0,2] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,38 \ 0,34 \ 0,28]$$

Следовательно, через один период вероятности состояния системы $P_1=0,38$, $P_2=0,34$, $P_3=0,28$. Условия перехода судна морем будут распределяться соответственно этим вероятностям.

После двух декад

$$U(2) = U(1)P = [0,38 \ 0,34 \ 0,28] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,348 \ 0,356 \ 0,296]$$

После трех декад

$$U(3) = U(2)P = [0,348 \ 0,356 \ 0,296] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,340 \ 0,359 \ 0,301]$$

После четырех декад

$$U(4) = [0,340 \ 0,359 \ 0,301] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \\ 0,2 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,338 \ 0,360 \ 0,302]$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Вероятности состояния системы после 1, 2, 3 и 4 декад

τ	0	1	2	3	4
$P_1(\tau)$	0,50	0,38	0,348	0,340	0,338
$P_2(\tau)$	0,30	0,34	0,356	0,359	0,360
$P_3(\tau)$	0,20	0,28	0,296	0,301	0,302

Если предположить, что вектор начальных состояний имеет значение, отличающееся от принятого вектора в предыдущих расчетах, тогда:

$$U(0) = \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

Вероятность перехода системы из одного состояния в другое P . Результаты расчетов занесены в таблицу 2, вычислив состояние системы на $\tau=4$ периода.

Таблица 2 – Количественные значения вероятностей, учитывая состояние системы на $\tau=4$ периода

τ	0	1	2	3	4	5
$P_1(\tau)$	0,6	0,40	0,354	0,341	0,338	0,337
$P_2(\tau)$	0,2	0,34	0,352	0,359	0,360	0,360
$P_3(\tau)$	0,2	0,26	0,294	0,300	0,302	0,302

Из таблиц 1 и 2 видно, что при $\tau \rightarrow \infty$ реальные вероятности $p_1(\tau) \rightarrow 0,037$, $p_2(\tau) \rightarrow 0,360$, $p_3(\tau) \rightarrow 0,302$. Можно сделать вывод, что для заданной матрицы переходных вероятностей предельные вероятности состояний системы не зависят от начальных состояний. Следовательно, система описывается эргодическим Марковским процессом.

Изменение состояний системы по периодам τ показано на рис. 1. Из рисунка видно, что при $\tau > 3$ из общего состояния с вероятностью $P_1(\tau)=0,338$ погода будет благоприятной, $P_2(\tau)=0,360$ погода будет плохой, $P_3=0,302$ погодные условия будут очень тяжелые.

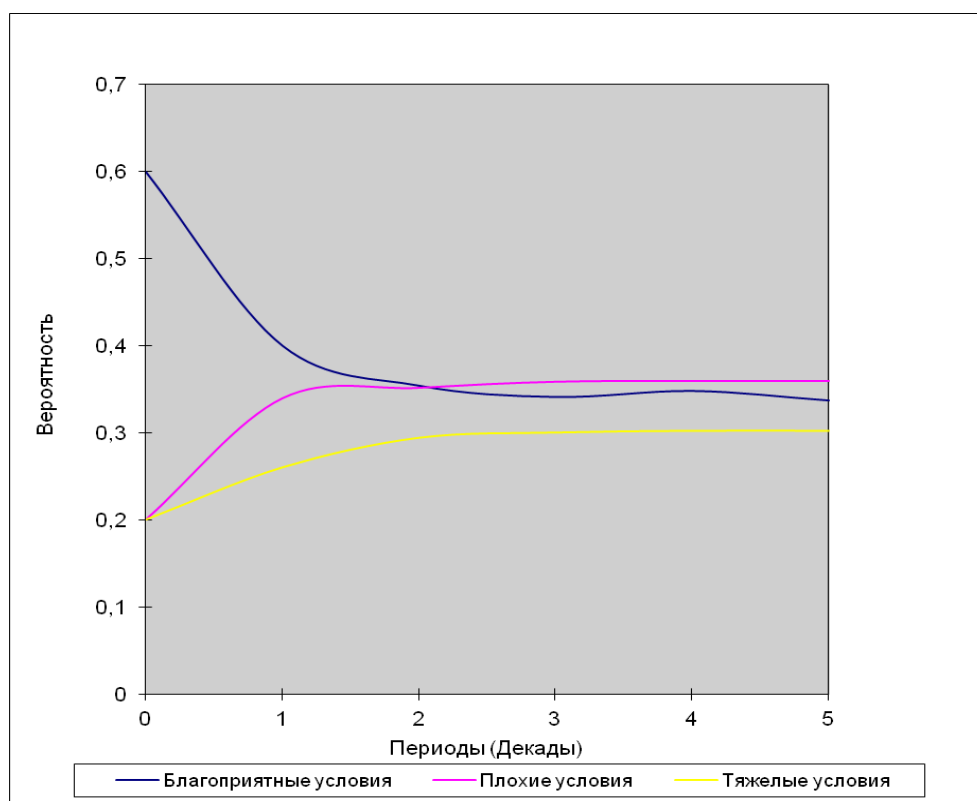


Рисунок 1 - Распределение вероятности состояния погодных условий, в которых может оказаться судно при переходе морем

Далее рассчитывается вероятность отказа главного двигателя при различных состояниях погодных условий при переходе судна морем. Вектор отказов для состояний 1, 2, 3 выглядит следующим образом:

$$D = \begin{bmatrix} 0,001 \\ 0,002 \\ 0,01 \end{bmatrix}$$

Полная вероятность отказа главного двигателя для каждого периода и состояний погоды рассчитывается по формуле:

$$V(1) = 0,001 \times 0,38 + 0,002 \times 0,34 + 0,01 \times 0,28 = 0,004$$

$$V(2) = 0,001 \times 0,348 + 0,002 \times 0,356 + 0,01 \times 0,296 = 0,0031$$

$$V(3) = 0,001 \times 0,34 + 0,002 \times 0,359 + 0,01 \times 0,301 = 0,0030$$

$$V(4) = 0,001 \times 0,338 + 0,002 \times 0,360 + 0,01 \times 0,302 = 0,0031$$

Из приведенных расчётов вероятностей отказов главного двигателя видно, что полная вероятность отказа двигателя по периодам стремится к значению 0,0031. Наибольшее значение имеет вероятность отказов двигателя в условиях жестокого шторма и урагана, что представляет реальную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и тяжелых аварий.

В заключении отметим, что представленная модель расчета прогностических оценок состояния системы «судно – природа» и расчета вероятностей отказа технических средств судна, в частности главного двигателя, может быть использована как имитационная модель, с помощью которой можно изучать динамику изменения состояния системы при различных входных переменных, что позволяет выбирать наиболее рациональные управленческие решения, в том числе решения при управлении рисками.

1. Алгоритм решения задачи

В блоке 1 вводятся и описываются данные, необходимые для расчетов:

1) матрица P - вероятность перехода, она выглядит следующим образом

$$P_{11}=0,5 \quad P_{12}=0,3 \quad P_{13}=0,2$$

$$P_{21}=0,3 \quad P_{22}=0,3 \quad P_{23}=0,4$$

$$P_{31}=0,2 \quad P_{32}=0,5 \quad P_{33}=0,3$$

2) $\Pi_0(I)$ - вектор начальных состояний, $I=1,2$ - вариант расчета.

3) $\Pi_1(2)$, $\Pi_2(2)$, $\Pi_3(2)$, $\Pi_4(2)$ - состояние системы через 1, 2, 3, 4 декады соответственно. Резервируется область для хранения этих расчетных матриц.

4) D - матрица доходов. Резервируется область для ее хранения.

5) D_1 - величина среднего дохода. Резервируется область для хранения этой расчетной матрицы.

6) $V(5)$ - ожидаемый доход за 1, 2, 3, 4, 5 дней вперед. Резервируются области для хранения этих расчетных матриц.

В блоке 2 задается параметр вариантов расчета $I=1$

В блоке 3 задаются первым вариантом вектора начальных состояний,

$$\text{при } I=1 \quad \Pi_0(I)=\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 2 & 10 & 5 \end{pmatrix}$$

Блоки 4 - 7 отражают расчет состояния системы через 1, 2, 3, 4 декады соответственно.

Наращивание цикла $I = I + 1$ производится в блоке 8.

Перед проверкой условия перехода цикла $I \leq 2$ (блок 10) задается второй вариант матрицы при $I=2$ $\Pi_0(2) = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$ (блок 9) и рассчитываются вторые варианты матриц состояния системы через 1 - 4 декады.

В блоке 11 сохраняются и выводятся на печать полученные результаты.

Далее осуществляется переход к расчету ожидаемых доходов:

Зададимся матрицей доходов $D = \begin{pmatrix} 100 \\ 30 \\ 10 \end{pmatrix}$ (блок 12).

В блоке 13 рассчитывается величина среднего дохода.

В 14 блоке задаем начальное значение параметра цикла $K=1$ по ожидаемой величине дохода.

В блоке 15 задаем первое значение ожидаемого дохода равного величине среднего дохода $V(1)=D_1$.

Затем наращивается параметр цикла K (блок 16).

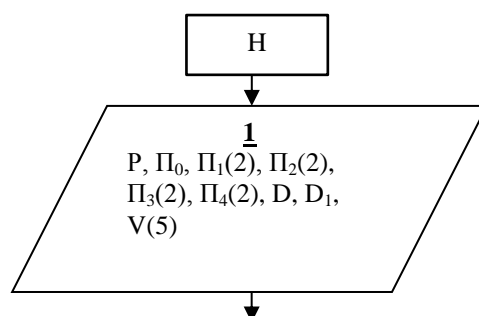
Блоки 17 - 18 в цикле рассчитывают 4 последующие ожидаемые величины доходов.

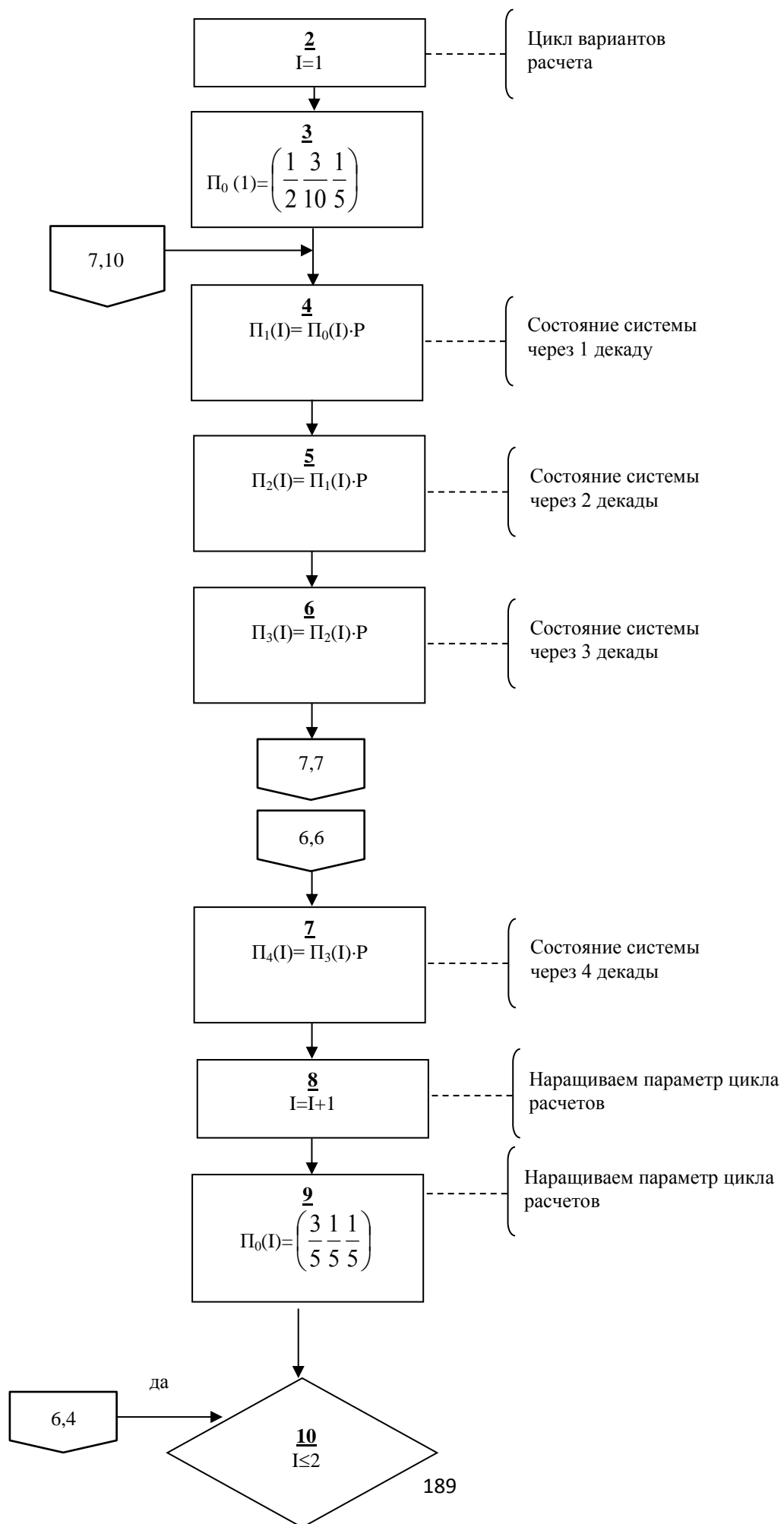
Блок 19 отражает печать матрицы ожидаемых величин доходов.

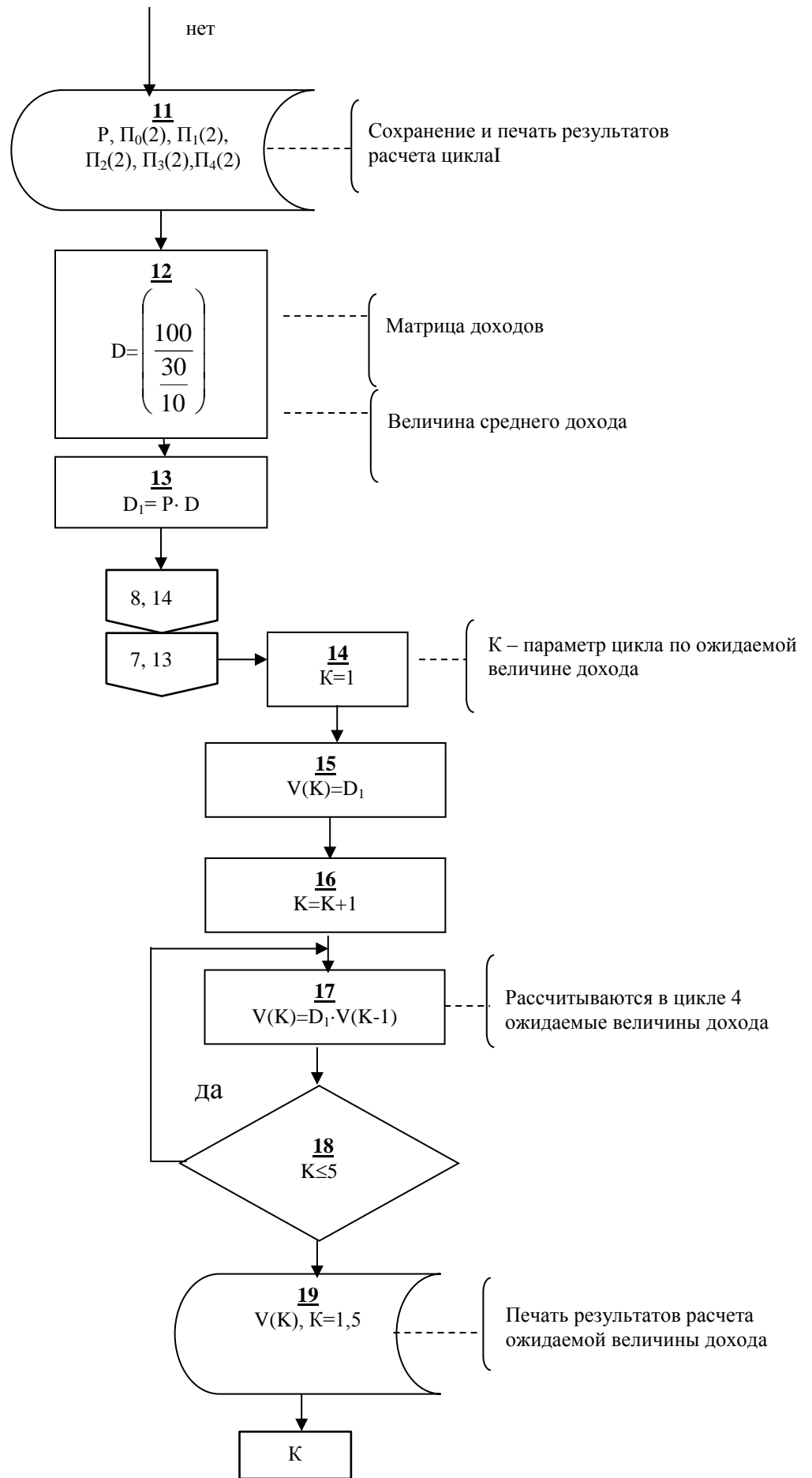
20 блок показывает окончание блок-схемы алгоритма задачи.

Получаем распределение вероятности состояния системы с упреждением на четыре периода.

2. Блок-схема алгоритма







Инструкция оператору

Расчет задачи “Расчет прогностической оценки вероятностного состояния системы «природа-морское судно» и вероятностей отказов технических средств судна ” производится в пакете прикладных программ MathCad.

После запуска приложения необходимо активизировать функцию создания матриц, выбрать количество столбцов и строк, и в соответствии с алгоритмом задать значения матриц P , Π_0 и D . Далее вызвать функцию «произведение матриц» и рассчитать значения Π_1 , Π_2 , Π_3 , Π_4 , D_1 , V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 . Рассмотрено решение контрольного примера, используя пошагово приведенный выше алгоритм.

$$1. P := \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{3}{10} & \frac{1}{5} \\ \frac{3}{10} & \frac{3}{10} & \frac{2}{5} \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{3}{10} \end{pmatrix}$$

$$\Pi_0 := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 2 & 10 & 5 \end{pmatrix}$$

$$\Pi_1 := \Pi_0 * P$$

$$\Pi_1 = (0,38; 0,34; 0,28)$$

$$\Pi_2 := \Pi_1 * P$$

$$\Pi_2 = (0,348; 0,356; 0,296)$$

$$\Pi_3 := \Pi_2 * P$$

$$\Pi_3 = (0,340; 0,359; 0,300)$$

$$\Pi_4 := \Pi_3 * P$$

$$\Pi_4 = (0,338; 0,360; 0,302)$$

$$2. \Pi_0 := \begin{pmatrix} \frac{3}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} \end{pmatrix}$$

$$\Pi_1 := \Pi_0 * P$$

$$\Pi_1 = (0,40; 0,34; 0,26)$$

$$\Pi_2 := \Pi_1 * P$$

$$\Pi_2 = (0,354; 0,352; 0,294)$$

$$\Pi_3 := \Pi_2 * P$$

$$\Pi_3 = (0,341; 0,359; 0,300)$$

$$\Pi_4 := \Pi_3 * P$$

$$\Pi_4 = (0,338; 0,360; 0,302)$$

$$\Pi_5 := \Pi_4 * P$$

$$\Pi_5 = (0,337; 0,360; 0,302)$$

$$3. D := \begin{pmatrix} 100 \\ 30 \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$D_1 := P * D$$

$$D_1 = \begin{pmatrix} 61 \\ 43 \\ 38 \end{pmatrix}$$

$$V_1 := D_1$$

$$V_1 = \begin{pmatrix} 61 \\ 43 \\ 38 \end{pmatrix}$$

$$V_2 := D_1 + P * V_1$$

$$V_2 = \begin{pmatrix} 112 \\ 89.4 \\ 83.1 \end{pmatrix}$$

$$V_3 := D_1 + P * V_2$$

$$V_3 = \begin{pmatrix} 160.44 \\ 136.66 \\ 130.03 \end{pmatrix}$$

$$V_4 := D_1 + P * V_3$$

$$V_4 = \begin{pmatrix} 208.224 \\ 184.142 \\ 177.427 \end{pmatrix}$$

$$V_5 := D_1 + P * V_4$$

$$V_5 = \begin{pmatrix} 255.84 \\ 231.681 \\ 224.944 \end{pmatrix}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Методика по снятию судна с мели

Расчеты по снятию судна с мели сводятся к определению стягивающего усилия, создаваемого самостоятельно или, если невозможно самим сняться с мели, с помощью судов и других средств, необходимого для преодоления общей нагрузки судна на грунт [49; 55].

1. Определение общей нагрузки судна на грунт

Определяется потеря водоизмещения или реакция грунта:

$$\Delta\Delta = \Delta - \Delta_m = q * (d_{cp} - d_{cpm})g, \text{ [кН]} \quad (1)$$

где Δ – водоизмещение до посадки на мель, т;

Δ_m – водоизмещение после посадки на мель, т;

q – число тонн на метр осадки, т/м;

d_{cp} – средняя осадка судна до посадки на мель $d_{cp} = (d_n + 2d_m + d_k)/4$, м;

d_{cpm} – средняя осадка судна после посадки на мель $d_{cpm} = \left(d'_n + 6d'_m + d'_k/8 \right)$,

м;

$d_{n,m,k}$ – осадка судна носом, на миделе и кормой до посадки на мель, м;

$d'_{n,m,k}$ – осадка судна носом, на миделе и кормой после посадки на мель, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

2. Расчет стягивающего (поступательного) усилия для снятия судна с мели

С учетом ветра и волнового давления:

$$F_{ст} = F_{тр} + F_{ветр} + F_{волн}, \text{ [кН]}, \quad (2)$$

Сила трения о грунт:

$$F_{тр} = f * \Delta\Delta, \text{ [кН]}, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения.

В таблице 1 показаны коэффициенты трения судна с разным видом грунта.

Таблица 1 – Коэффициенты трения судна с грунтом

Вид грунта	Коэффициент трения			Вид грунта	Коэффициент трения		
	Минимал.	Максим.	Сред.		Минимал.	Максим.	Сред.
Песок	0,40	0,44	0,42	Плита-ракушечник	0,53	0,58	0,56
Гравий	0,42	0,45	0,44	Гладкая плита	0,71	0,78	0,75
Галька	0,50	0,52	0,51	Глина (ил)	0,20	0,40	0,35
Камень-валун	0,40	0,42	0,41	Глина с песком	0,25	0,43	0,39

Сила ветрового давления:

$$F_{\text{ветр}} = 0,001 p_v A_v \cos \alpha_{\text{и}}, \text{ [кН]}, \quad (4)$$

где p_v – давление ветра (выбирается из графика $p_v = f(V_v)$), н/м²;

A_v – площадь парусности в плоскости, перпендикулярной направлению ветра, м²;

$\alpha_{\text{и}}$ – угол между направлением ветра и направлением стягивания, град.

В зависимости от направления ветра и направления стягивания $F_{\text{ветр}}$ может быть положительной (ветер препятствует стягиванию) и отрицательной (ветер направлен в сторону стягивания – необходимо будет приложить меньше стягивающего усилия).



Рисунок 1 – Зависимость давления ветра p_v от скорости ветра $W_{\text{ветр}}$

Сила волнового давления: в районе посадки в зависимости от глубины может возникать от действия *стоячих, разбивающихся и прибойных волн*, причем они имеют как взвешивающее давление, так и горизонтальное воздействие.

Сила взвешивающего давления от действия *стоячих волн*:

При курсовом угле стоячих волн $10^\circ \div 170^\circ$:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{\text{С-ВЗВ}} = 100k_{\text{В}}k_5qh_{\text{В}}, \text{ [кН]}, \quad (5)$$

где $k_{\text{В}}$ – волновой коэффициент (при $10^\circ k_{\text{В}} = 0,3$; при $90^\circ k_{\text{В}} = 0,4$), м/с^2 ;

k_5 – коэффициент, зависящий от $\lambda_{\text{В}}$, $h_{\text{В}}$ и $d_{\text{СР}}$;

q – число тонн на 1 см осадки, т/см ;

$h_{\text{В}}$ – средняя высота волны, м .

При курсовых углах $0^\circ \div 10^\circ$ и $170^\circ \div 180^\circ$:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{\text{С-ВЗВ}} = k_{\text{С}}qh_{\text{В}}10^3, \text{ [кН]}, \quad (6)$$

где $k_{\text{С}}$ – коэффициент, зависящий от отношения $\lambda_{\text{В}}/L$ (средний – $0,2$).

Сила бокового волнового давления от действия *стоячих волн*:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{\text{С-БОК}} = k_{\text{В}}k_{\text{СН}}ph_{\text{В}}L\sin\delta_{\text{В}}\cos q_{\text{В}}[k_2(0,5h_{\text{В}} + d_{\text{СР}}) + k_5d_{\text{СРМ}}], \text{ [кН]}, \quad (7)$$

где $k_{\text{СН}}$ – коэффициент (в среднем принимается значение $0,8$);

p – плотность воды, т/м^3 ;

$\delta_{\text{В}}$ – курсовой угол бега волны, град. ;

$q_{\text{В}}$ – угол между направлением бега волн и направлением стягивания, град. ;

k_2 – коэффициент, зависящий от $\lambda_{\text{В}}$, $h_{\text{В}}$ и $d_{\text{СР}}$ (средний – $0,8$).

Сила взвешивающего давления от действия *разбивающихся волн*:

При курсовом угле разбивающихся волн $10^\circ \div 170^\circ$:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{\text{С-ВЗВ}} = 100k_{\text{В}}(qh_{\text{В}})/k_{\lambda}, \text{ [кН]}, \quad (8)$$

где k_{λ} – коэффициент, зависящий от $\lambda_{\text{В}}$ и $d_{\text{СР}}$ (диапазон $1,0 - 2,0$).

Сила взвешивающего давления от действия *прибойных волн*:

При курсовом угле разбивающихся волн $10^\circ \div 170^\circ$:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{\text{С-ВЗВ}} = 0,7 F_{\text{ВОЛН}}^{\text{Р-ВЗВ}}, \text{ [кН]}, \quad (9)$$

Сила бокового давления от действия *разбивающихся или прибойных волн*:

$$F_{\text{ВОЛН}}^{p(n)-\text{бок}} = k_{\text{В}} p h_{\text{В}} L \sin \partial_{\text{В}} \cos q_{\text{В}} \left[1,5 h_{\text{В}} + d_{\text{ср}} \left(1,5 + 1/k_{\lambda} \right) \right], [\text{кН}], (10)$$

Если в формулах для определения $F_{\text{ВОЛН}}^{c-\text{бок}}$ и $F_{\text{ВОЛН}}^{p(n)-\text{бок}}$ произведение $L \sin \partial_{\text{В}} < B$, то его заменяют значением B – ширины судна, м.

3. Расчет усилия ГД при работе его на задний ход

Усилие ГД при его работе на задний ход численно равно упору винта на задний полный ход (эмпирическая формула):

$$F_{\text{ГД}} = 0,14 k_p p n^2 D_{\text{В}}^4 (3,76 + B d_{\text{ср}} \beta_{\text{М}} / D_{\text{В}}^2), [\text{Н}], (11)$$

где k_p – коэффициент упора винта (определяется по специальным диаграммам);

$\beta_{\text{М}}$ – коэффициент полноты площади мидель-шпангоута.

Для практических расчетов используют еще такую формулу:

$$F_{\text{ГД}} = 10 k_c P_{\text{ind}} k_{\text{зх}}, [\text{кН}], (12)$$

где k_c – коэффициент, равный 0,01 для судов с ВПВФШ;

P_{ind} – индикаторная мощность, л. с.;

$k_{\text{зх}}$ – коэффициент заднего хода, равный 0,8 для грузовых судов с ВПВФШ.

4. Расчет изменения осадки от прилива

После посадки на мель определяем потерю (изменение) осадки: $\Delta d_{\text{м}} = d_{\text{ср}} - d_{\text{срм}}$. Затем определяем по таблице приливов величину подъема уровня воды за 1 час, для чего величину прилива b делим на продолжительность роста (падения) уровня при правильном полусуточном приливе: $\Delta d_{\text{ср}}^{np} = b/t_p$. Рассчитываем остаточную, не компенсированную подъемом уровня воды потерю осадки: $\Delta d_{\text{ср}}^{\text{ост}} = \Delta d_{\text{м}} - \Delta d_{\text{ср}}^{np}$. Определяем усилие, необходимое для снятия с мели в момент полной воды:

$$F_{\text{пв}} = 10 f \Delta d_{\text{ср}}^{\text{ост}} q, [\text{кН}], (13)$$

5. Расчет изменения осадки от дифферентования перемещением груза

1. При известном количестве перемещаемого груза и известных абсциссах перемещения изменение осадки носом и кормой при дифферентовании определится:

$$\Delta d_{\text{н}} = \frac{P_i(x_2 - x_1)L_{\perp\perp}}{2DH}, \quad (14)$$

$$\Delta d_{\text{к}} = -\Delta d_{\text{н}}$$

где P_i – перемещаемый груз, т;

$x_2; x_1$ – абсциссы отсеков, м;

$L_{\perp\perp}$ – длина судна между перпендикулярами, м

D – водоизмещение с полным грузом на момент посадки, т;

H – продольная метацентрическая высота, м.

Определяем новые значения осадок: $d'_{\text{нм}} = d_{\text{н}} + \Delta d_{\text{н}}$; $d'_{\text{км}} = d_{\text{к}} + \Delta d_{\text{к}}$, где $d_{\text{н}}$ и $d_{\text{к}}$ – осадки судна к моменту посадки на мель. Сравнив получившиеся осадки, определяем результат дифферентования.

2. Если не известно количество груза для дифферентования, то при известных абсциссах отсеков:

– рассчитываем изменение осадки судна при посадке на мель:

$$\Delta d_{\text{н}} = d_{\text{н}} - d_{\text{нм}};$$

$$\Delta d_{\text{к}} = d_{\text{к}} - d_{\text{км}};$$

– определяем дифферентующий момент на 1 метр:

$$m = DH / L_{\perp\perp}, \quad [\text{Т}], \quad (15)$$

– рассчитываем количество груза, которое необходимо переместить по судну, чтобы оно оказалось на плаву:

$$P_{\text{гр}} = \frac{[\Delta d_{\text{к}} + (\Delta d_{\text{н}} - \Delta d_{\text{к}}) \left(\frac{1}{2} + \frac{x_A}{L_{\perp\perp}} \right)] m L_{\perp\perp}}{x_A(x_1 - x_2)}, \quad [\text{Т}], \quad (16)$$

где x_A – абсцисса внешней кромки мели;

– определяем осадки носом и кормой после перемещения груза:

$$d''_{\text{н}} = d_{\text{н}} - P_{\text{гр}}(x_1 - x_2)/(2m); \quad d''_{\text{к}} = d_{\text{к}} + P_{\text{гр}}(x_1 - x_2)/(2m), \quad (17)$$

Сравнив получившиеся осадки, определяем результат дифферентования.

6. Расчет изменения угла крена и осадки от кренования

Оценить перемещение ЦТ какого-то количества перевозимого груза затруднительно, поэтому обычно прибегают к перекачке топлива, воды или балласта. Угол крена при этом:

$$\alpha^0 = \frac{P_i(y_2 - y_1)}{Dh} 57,3, \text{ град.}, (18)$$

где h – поперечная метацентрическая высота, м.

После этого рассчитывается изменение осадки бортов:

$$\Delta d_{кр} = \frac{BP_i(y_2 - y_1)}{2Dh}, (19)$$

Сравнивая потерю осадки от выхода на грунт с рассчитанной, оцениваем эффективность кренования.

7. Частичная или полная разгрузка судна

Задаваясь значением $\Delta d_{cp}^{осм}$, которая не была скомпенсирована приливом, определяем необходимое количество груза, необходимого для снятия, чтобы в момент полной воды попытаться с помощью двигателя сняться с мели:

$$P_i = \Delta d_{cp}^{ост} q, \text{ т}, (20)$$

Затем рассчитываем получаемый угол дифферента:

$$\varphi = \frac{P_i(x - x_f)}{DH} 57,3, \text{ град.}, (21)$$

где x – абсцисса ЦТ отсека; x_f – абсцисса ЦТ площади действующей ватерлинии (из кривых элементов теоретического чертежа). После этого определяем изменение осадок носом и кормой:

$$\Delta d_n = \pm \Delta d_{cp}^{ост} + \varphi(L_{\perp \perp} / 2 - x_f), (22)$$

$$\Delta d_k = \pm \Delta d_{cp}^{осм} - \varphi(L_{\perp \perp} / 2 - x_f), \text{ м}, (23)$$

Поскольку приходится разгружать довольно значительное количество груза, обязательно необходимо определить изменение метацентрической высоты от снятия груза:

$$\Delta h = -P(d_{cp} - \Delta d_{cp}^{осм} / 2 - h - z_p) / (D - P), \text{ м}, (24)$$

где P – количество снимаемого груза;

h – метацентрическая высота до начала выгрузки;

z_p – отстояние ЦТ от основной плоскости.

8. Завоз якорей и расчет тягового усилия гиней

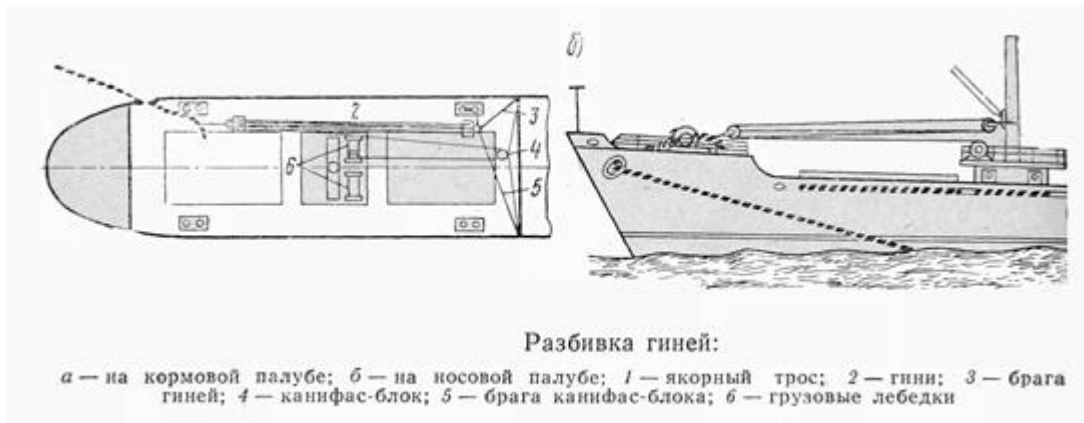


Рисунок 2 – Разбивка гиней при посадке судна на мель

Расчет производится в следующем порядке:

– определяем держащую силу якоря

$$F_{я} = 10k_{я}M_{я}, \text{ [кН]}, \quad (25)$$

где $k_{я}$ – коэффициент держащей силы якоря;

$M_{я}$ – масса якоря, т;

– рассчитываем минимальную длину якорного троса:

$$l_{тр} = k_{тр} \sqrt{\frac{2F_2}{q_{тр}}} h_{гл} + h_{гл}^2, \text{ м}, \quad (26)$$

где $k_{тр} = 1,2$ – для стального троса;

$q_{тр}$ – вес одного метра троса в воде ($q_{тр} = 0,87q_{тр(возд)}$), т;

– определяем тяговое усилие гиней:

$$F_{гн} = \frac{F_{лоп}(n+1)}{1+\frac{n}{k}}, \text{ [кН]}, \quad (27)$$

где $F_{лоп}$ – тяговое усилие в ходовом лопаре, создаваемое палубным механизмом;

n – число шкивов в гинях;

k – коэффициент троса (для стального – 10);

– рассчитываем число якорей: $n_{я} = F_{гн}/F_{я}$, (28), округляя до целого числа.