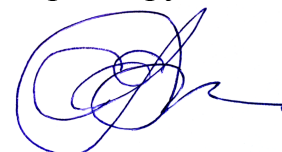


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

На правах рукописи



**Ермаков Сергей Владимирович**

**Управление риском чрезвычайных ситуаций  
на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого  
фактора на навигационную безопасность плавания судна**

Специальность: 05.26.02 –  
Безопасность в чрезвычайных ситуациях (в морской индустрии)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
Бондарев Виталий Александрович,  
кандидат технических наук, доцент

Калининград – 2018

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ проблемы учёта человеческого фактора при управлении риском чрезвычайных ситуаций в процессе судовождения.....	13
1.1 Анализ концепции управления риском чрезвычайных ситуаций и проблем её реализации в мореплавании.....	13
1.2 Множественность понятий человеческого фактора. Человеческий фактор в судовождении.....	21
1.3 Анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих учёт человеческого фактора в мореплавании.....	29
1.4 Анализ существующих методов учёта человеческого фактора в мореплавании.....	33
1.5 Навигационная безопасность в системе безопасности мореплавания.....	51
1.6 Выводы по первой главе .....	54
2 Теоретико-методологические основы управления риском чрезвычайных ситуаций при морском судовождении.....	57
2.1 Управляемый подвижный объект «морское судно» как элемент Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	57
2.2 Общие принципы оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна.....	62
2.3 Навигационная авария как источник чрезвычайной ситуации... ..	67
2.3.1 Содержательный анализ понятия «чрезвычайная ситуация». Признаки чрезвычайной ситуации.....	67
2.3.2 Понятие «авария» при расследовании морских аварий и инцидентов.....	72
2.3.3 Эмпирическая проверка гипотезы о безусловном возникновении чрезвычайной ситуации при навигационной аварии.....	75
2.4 Формализация понятия «экстремальная ситуация».....	80
2.5 Анализ системы «судоводитель в ситуации».....	86
2.5.1 Сущность системы «судоводитель в ситуации».....	86
2.5.2 Причинно-следственные связи между элементами системы «судоводитель в ситуации».....	88
2.5.3 Экстремальность системы «судоводитель в ситуации»..	90

2.6	Соотношение понятий «опасная ситуация», «экстремальная ситуация» и «чрезвычайная ситуация».....	91
2.7	Выводы по второй главе .....	94
3	Обоснование и разработка метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации.....	96
3.1	Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация».....	96
3.2	Экспертное оценивание.....	104
3.3	Определение базовых коэффициентов.....	113
3.4	Выводы по третьей главе .....	120
4	Обоснование и разработка метода оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации в морском судовождении.....	122
4.1	Анализ детерминант влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна.....	122
4.2	Концепция матрицы экстремальности.....	130
4.3	Обоснование методики оценки адекватности поведенческих реакций судоводителя.....	135
4.4	Результаты эксперимента.....	146
4.5	Формирование матрицы экстремальности.....	149
4.6	О шкалах оценивания.....	155
4.7	Интеграция матрицы экстремальности в теорию и практику судовождения.....	160
4.7.1	Учёт человеческого фактора при прогнозировании манёвра последнего момента.....	160
4.7.2	Использование матрицы экстремальности при определении вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором.....	163
4.7.3	Матрица экстремальности в системе контроля дееспособности вахтенного помощника капитана.....	166
4.7.4	Анализ возможности представления матрицы экстремальности на языках программирования (описание программы для ЭВМ).....	168
4.8	Концепция судовой автоматизированной системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, источником которых являются навигационные аварии.....	171

4.9 Матрица экстремальности в контексте управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии (выводы по четвертой главе).....	179
Заключение.....	182
Список сокращений и условных обозначений.....	184
Список литературы.....	187
Приложение А Акт внедрения результатов диссертационного исследования в производственную деятельность ООО «Морская звезда».....	204
Приложение Б Акт внедрения результатов диссертационного исследования в учебный процесс.....	206
Приложение В Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Определение фактической вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором».....	207
Приложение Г Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Экстремальность навигационной ситуации».....	208

## Введение

*Актуальность темы.* За последние пятнадцать лет интенсивность хозяйственной деятельности на морских коммуникациях значительно возросла, постоянно увеличивается тоннаж мирового флота, растут скорости судов. Так, тоннаж танкерного флота за указанный период вырос на 80% [135].

Вместе с тем, остается нерешенной проблема аварийности. Более того, по данным Европейского агентства морской безопасности (EMSA) количество морских аварий и инцидентов в период с 2011 по 2016 год выросло на 60% – с 2000 до 3200 случаев [128]. При этом эта организация прогнозирует дальнейший рост аварийности до 4000 случаев. Увеличилось и количество судов, становившихся участниками аварий и инцидентов – с 2300 судов (2011 г.) до 3500 (2016 г.) [128]. Не менее 10% из приведенного числа судов относятся к потенциально опасным объектам морской индустрии, для которых участие даже в незначительной аварии сопряжено с высоким риском возникновения чрезвычайной ситуации. При этом такие ЧС часто носят глобальный характер, а ликвидация их последствий занимает многие годы.

Основным фактором аварий на море, которые способны перерасти в чрезвычайные ситуации, являются нарушения в области безопасности мореплавания. Статистические данные показывают, что чаще всего эти нарушения приводят к навигационным авариям. В совокупности столкновения судов, навалы и посадки на мель составляют не менее 80% от всего количества аварий.

В число признаков, определяющих чрезвычайную ситуацию, в соответствии с ГОСТ Р 22.0.02-2016 входят источник ЧС, а также реальный или потенциальный вред здоровью людей, имуществу и окружающей среде. Самым распространенным источником чрезвычайных ситуаций на морских судах являются навигационные аварии. В совокупности столкновения судов, навалы и посадки на мель составляют не менее 80% от всего количества аварий на море. Вместе с тем, за 2011-2016 гг. в авариях на море погибли 598 человек, а 5607 получили различные травмы [128]. В половине случаев челове-

ские жертвы стали следствием навигационных аварий. За тот же период было зафиксировано 360 случаев загрязнения окружающей среды, из которых 320 – это загрязнения моря нефтепродуктами с судов. Большинство аварий, которые привели к чрезвычайным ситуациям с загрязнением, были также навигационными [128].

В свою очередь, самой распространенной причиной навигационных аварий, присутствующих в 80% от их числа, являются ошибки судоводителя [18, 35]. Таким образом, именно человеческий элемент эрготехнической системы «судоводитель – судно – среда» в основном определяет риск чрезвычайной ситуации на морских судах. Следовательно, прогнозированием и минимизацией негативного влияния человеческого элемента на навигационную безопасность судна можно снизить риск ЧС.

Однако задача минимизации риска ЧС может быть решена только посредством обоснования и внедрения эффективных процедур управления риском, перечень которых включает в себя идентификацию и прогнозирование (оценку) риска, выявление его факторов, обоснование и реализация мер по изменению состояния этих факторов. Цель указанных мер – достижение такого минимального риска ЧС, который только возможен при существующих обстоятельствах и условиях плавания. Они могут быть направлены как на снижение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, так и на уменьшение её последствий.

Таким образом, научная задача по развитию методологии управления риском чрезвычайной ситуации в эрготехнических системах «судоводитель – судно – среда» является *актуальной*.

**Степень разработанности темы.** Наибольший вклад в исследование проблемы человеческого фактора в судоходстве внесли такие учёные, как Кацман Ф.М. [53], Сазонов А.Е. [59, 109], Смоленцев С.В. [116], Клименко В.Д. [54-60, 75], Маринов М.Л. [61, 67, 72-76], Даниленко А.А. [26, 27], Котик М.А. [65, 66], Голиков В.А. [19], Туркин В.А. [118, 119], Вейхман В.В. [18], Celik M., Cebi S. [125], Harrald J.R., Mazzuchi T.A., Spahn J., Van D.R.,

Merrick J., Shrestha S., Grabowski M. [131], Hetherington C., Flin R., Mearns K. [132], Macrae C. [138], Martins M.R., Maturana M.C. [141], O'Neil W. [142], Xi Y.T., Chen W.J., Fang Q.G., Hu S.P. [147, 148], Zhang Y., Zhan Y., Tan Q. [149] и другие. Практически на каждой рабочей сессии Комитета по безопасности на море Международной морской организации (ИМО) рассматриваются вопросы, касающиеся человеческого фактора.

Однако необходимо констатировать, что общепризнанных методов оценки вероятности возникновения ЧС на морских судах в настоящее время не существует [32]. Таким образом, методология управления риском чрезвычайных ситуаций на море имеет недостатки, препятствующие осуществлению процедуры управления. Данные недостатки стали источником *противоречий* между необходимостью минимизации риска возникновения чрезвычайных ситуаций на морских судах с одной стороны и недостаточной развитостью соответствующей методической базы с другой.

Морские суда осуществляют свою деятельность в агрессивной среде. Состояние этой среды и сложность навигационной ситуации могут меняться в широком диапазоне. Такую же динамику имеет и вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, источником которой является навигационная авария. Вместе с тем, в деятельности эрготехнической системы «судно – судоводитель – среда» ключевое место занимает человеческий элемент – судоводитель, непосредственно отвечающий за безопасность мореплавания. Его грамотные решения и действия могут предотвратить чрезвычайную ситуацию. Наоборот, ошибка в судовождении, совершенная в тех же условиях, может привести к возникновению ЧС. Таким образом, для минимизации риска чрезвычайной ситуации, источником которой является навигационная авария, первоначально необходимо оценить влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания. В связи с этим, *гипотеза* исследования была сформулирована следующим образом: вероятность чрезвычайной ситуации на морских судах, которая может возникнуть вследствие навигационной аварии, и вероятность навигационной аварии, функционально зависимы от эффективности взаимодействия элементов эрготехнической системы «судно – судоводитель – среда».

*Цель диссертационного исследования* – разработка методической базы

для оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении и принятия решений по управлению риском, учитывающей состояние и взаимодействие элементов эрготехнической системы «судоводитель – судно – среда».

Реализация поставленной цели обусловила необходимость решения следующих *задач*:

- формирование методологической основы управления риском чрезвычайных ситуаций в морском судовождении;
- формализация навигационной ситуации и систематизация ее структуры;
- экспертное оценивание сложности различных навигационных ситуаций и значимости компонент навигационной ситуации для различных акваторий плавания с целью разработки метода формализованной оценки сложности;
- разработка матрицы экстремальности, обоснование ее практических приложений.

**Объект исследования** – эрготехническая система, включающая в себя морское судно, как управляемый подвижный потенциально опасный морской объект, человеческий элемент – судоводителя и среду, в которой судно осуществляет навигацию.

**Предмет исследования** – оценка вероятности возникновения чрезвычайной ситуации при управлении риском ЧС в процессе морского судовождения.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

- впервые разработан метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации, который позволяет по совокупности факторов, влияющих на навигационную безопасность, количественно и качественно определить уровень безопасности плавания в конкретной акватории;
- впервые разработан метод оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации в морском судовождении; метод является основой для принятия решений по управлению риском ЧС;
- предложена концепция судовой автоматизированной системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- разработана математическая модель маневра последнего момента с



пассивным фактором, отличающаяся от существующих учетом экстремальности навигационной ситуации.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы для выполнения поставленных задач использовались методы системного анализа, экспериментального исследования, экспертных оценок и математического моделирования.

**Эмпирическая база** исследования сформирована результатами эксперимента на полнофункциональном навигационном тренажёре, экспертными оценками сложности различных навигационных ситуаций и значимости их компонент, отчётами о расследовании морских аварий и инцидентов.

На защиту выдвигаются следующие **результаты диссертационного исследования**:

- метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации;
- метод оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации в морском судовождении.

**Практическая значимость** результатов исследования заключается в обосновании различных организационных, технических и образовательных мероприятий по оперативному (во время рейса) и превентивному (на берегу) управлению риском чрезвычайных ситуаций, а именно:

- определение навигационных ситуаций, являющихся экстремальными для конкретного судоводителя, и в которых он в целях безопасности мореплавания и предупреждения ЧС не может и не должен нести ходовую навигационную вахту самостоятельно (без контроля), и обоснование соответствующих кадровых решений в отношении вахты;
- формирование индивидуальных программ поэтапной подготовки, которые будут предусматривать тренажёрную отработку действий судоводителя в конкретных навигационных ситуациях;
- использование матрицы экстремальности в алгоритме систем поддержки принятия решения;
- оценка сложности и экстремальности навигационных ситуаций при расследовании морских аварий и инцидентов;
- использование в учебном процессе для более глубокого понимания содержания терминов «человеческий фактор», «навигационная ситуация», «экс-

тремальная ситуация», «чрезвычайная ситуация», «безопасность мореплавания».

***Теоретическая значимость*** результатов исследования:

- расширена теория риска на море;
- дополнены и согласованы понятийно-терминологический аппарат, теория и методология направлений науки, касающихся управления риском чрезвычайных ситуаций на море и эксплуатации морского транспорта.

***Обоснованность и достоверность*** результатов исследования обеспечивается:

- глубокой проработкой теоретического обоснования, которое основано на доказанных положениях прикладных и фундаментальных наук;
- согласованностью с известными и сформулированными теоретическими положениями;
- соответствием эмпирическим данным;
- согласованностью с официальной статистикой аварийности морских судов, с результатами экспериментального исследования и экспертной оценки;
- апробацией метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации на реальных случаях столкновений судов;
- комплексным использованием известных, общепринятых, проверенных практикой общелогических, теоретических и эмпирических методов исследования;
- публикациями основных результатов исследования в рецензируемых изданиях;
- обсуждением промежуточных и окончательных результатов исследования на конференциях различных уровней;
- внедрением результатов диссертационного исследования в производственную деятельность ООО «Морская звезда» – рыбопромышленной компании, являющейся владельцем и оператором крупнотоннажных рыбопромысловых судов (акт внедрения представлен в прило-

жении А);

- внедрением результатов диссертационного исследования в учебный процесс посредством их интеграции в рабочую программу дисциплины «Основы прикладной теории риска», изучаемой на третьем курсе курсантами специальности 26.05.05 «Судовождение» ФГБОУ ВО «КГТУ» (акт внедрения представлен в приложении Б).

**Апробация работы.** Результаты диссертационного исследования докладывались и получили одобрение на шести международных и трёх межвузовских конференциях, в том числе на VIII и XI Международных конференциях «Морская индустрия, транспорт и логистика в странах региона Балтийского моря: новые вызовы и ответы» (г. Светлогорск, 2010, 2011 гг.), на II Балтийском морском форуме (г. Светлогорск, 2014 г.), на X, XI и XIII межвузовских научно-технических конференциях аспирантов, соискателей и докторантов «Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров» (г. Калининград, 2009, 2010 и 2012 гг.), на международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании» (г. Одесса, 2012 г.), на международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» (г. Одесса, 2012 г.), на IX Международной научно-практической конференции «Теория и практика современной науки» (г. Москва, 2013 г.).

**Личный вклад автора** заключается в развитии и систематизации элементов теории и методологии управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии, разработанных в процессе исследования, в обосновании общей концепции и алгоритма метода количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна и вероятность возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении, а также в программной реализации метода и обосновании его практических приложений.

**Публикации.** Промежуточные и основные итоги и выводы исследования опубликованы в 23 статьях, из которых 11 в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ.

Две программы для ЭВМ, разработанные в процессе исследования, прошли процедуру государственной регистрации.

***Структура и объём работы.*** Общий объём диссертации, составляющий 208 страниц, включает в себя: содержание на трёх страницах, введение на восьми страницах, четыре главы на 168 страницах, заключение на трёх страницах, список сокращений и условных обозначений на трёх страницах, список литературы из 149 наименований на 17 страницах, четыре приложения на пяти страницах, 21 иллюстрацию и 27 таблиц.

# **1 Анализ проблемы учёта человеческого фактора при управлении риском чрезвычайных ситуаций в процессе судовождения**

## **1.1 Анализ концепции управления риском чрезвычайных ситуаций и проблем её реализации в мореплавании**

Понятие «управление» широко используется в качестве одной из ведущих категорий в ряде научных дисциплин, каждая из которых трактует его в контексте разрабатываемых ими теорий и обладает самостоятельным полем исследования тех или иных аспектов управления.

Первая универсальная системная модель управления была предложена основателем кибернетики Винером Н. в 1948 году [126] и включала в себя:

- управляющую систему (субъект управления);
- управляемую систему (объект управления);
- управляющую связь;
- обратную связь.

Кроме того, системная модель управления предполагает наличие следующих шести элементов:

- цель (или цели) управления;
- потенциальная возможность достижения цели;
- модель объекта управления в распоряжении управляющего субъекта;
- действенность управляющей связи;
- реакция объекта (управляемость);
- действенность обратной связи, информирующей об изменении состояния объекта.

Таким образом, с позиции кибернетики управление – это процесс формирования и реализации целенаправленного воздействия на объект-систему, основанный на обратной связи и на информационном обмене между субъектом и объектом управления [30].

Как указано в [9] «...в любой системе управления должны быть три фундаментальных составляющих: во-первых, цель управления, во-вторых, информация о системе, ограничениях и условиях функционирования, и, в-третьих, программа (алгоритм) управления».

Система управления на основе наблюдений среды и объекта управления и соответствия этих наблюдений цели формирует решение по выбору управляющего воздействия на объект (в частном случае это может быть «пустое» решение). Если при сложившейся ситуации в среде и на объекте управления цель достигнута – наблюдение за средой и объектом продолжается. Если цель не достигнута, то необходимо осуществить некоторое управляющее воздействие на объект. Это воздействие выбирается блоком принятия решений на основе модели среды и модели объекта управления и выполняется блоком реализации решений. Воздействие вызывает переход объекта в новое состояние и, как следствие, некоторые возмущения в среде. Новое состояние пары «объект управления – среда» может быть ближе к цели или дальше от неё. Это можно оценить, наблюдая объект и среду и сравнивая сложившуюся ситуацию с целью. Результат такого наблюдения и сравнения инициирует либо новые решения в случае, когда цель не достигнута, либо пассивное наблюдение в случае достижения цели.

Универсализм кибернетического понятия «управление» позволяет ему не зависеть от конкретного содержания составляющих элементов – цели, субъекта, объекта и связей между ними. Вместе с тем, прикладные определения управления, как правило, тем или иным образом учитывают это содержание. В контексте настоящего исследования, т.е. для случая, когда объектом управления является риск, можно привести следующие распространенные в научной литературе определения и связанные с ними пояснения.

В общем случае управление риском – «...разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовывать решения в области обеспечения безопасности. Главный элемент такой деятельности – процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на

снижение различных видов риска с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Этот процесс основан на мониторинге окружающей среды и анализе риска» [1, с. 37].

Согласно другому определению, управление риском – это «...основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, которые общественно считаются приемлемым, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время» [1, с. 37].

В монографии [82], посвященной управлению рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве, Мойсеенко С.С. и Мейлер Л.Е. опираются на следующее определение: управление рисками – «...процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь проекта, вызванных его реализацией» [82, с. 8].

Очевидно, что последнее определение рассматривает риск, как объект управления, включающий в себя вероятность неблагоприятного события и потери, которые могут иметь место вследствие его наступления.

Здесь необходимо заметить, что к настоящему времени Всероссийским научно-исследовательским институтом по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)) проведена большая работа по нормированию терминов, результатом которой является комплекс утвержденных и изданных стандартов. Дальнейшее исследование базируется именно на стандартной терминологии.

В частности, государственными стандартами определяются такие понятия как «риск» и «управление риском». Так, в соответствии с ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения» риск ЧС определяется как «...мера опасности чрезвычайной ситуации, сочетающая вероятность возникновения чрезвычайной ситуации и её последствия» [20, с. 2]. В свою очередь, ГОСТ Р 55059-2012 «Менеджмент

риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения» определяет управление риском как «...скоординированную деятельность по руководству и управлению организации для снижения опасности чрезвычайной ситуации с использованием целевых показателей снижения риска чрезвычайной ситуации до допустимого или удержание риска чрезвычайной ситуации в установленном допустимом диапазоне» [24, с. 3]. В свою очередь тот же стандарт определяет снижение риска ЧС, как «...действия, предпринятые для уменьшения вероятности чрезвычайной ситуации, её последствий или того и другого вместе» [24, с. 3].

Важной составной частью управления риском ЧС является многокомпонентная система управления, в состав которых среди прочих входят система мониторинга, анализа риска и прогнозирования чрезвычайных ситуаций как основы деятельности по снижению рисков ЧС, и система предупреждения ЧС [1].

Применительно к потенциально опасным объектам мониторинг – это постоянный сбор информации, наблюдение и контроль объекта и среды, в которой он находится. Данные мониторинга служат основой для анализа риска и прогнозирования [1].

В соответствии с ГОСТ Р 55059-2012 анализ риска ЧС – это «...процесс использования информации для определения источников риска чрезвычайной ситуации, вероятности возникновения и последствий чрезвычайной ситуации» [24, с. 3].

Таким образом, анализ риска ЧС представляет собой структурированный процесс, целью которого является определение как вероятности, так и размеров неблагоприятных последствий исследуемого действия, объекта или системы [30]. Методологические аспекты анализа риска представлены на рисунке 1.1. Этапы анализа риска определяются следующими задачами этого анализа: идентификация риска, оценка риска и прогнозирование ЧС.

Идентификация риска – это процесс выявления, распознавания и качественного описания опасности ЧС.



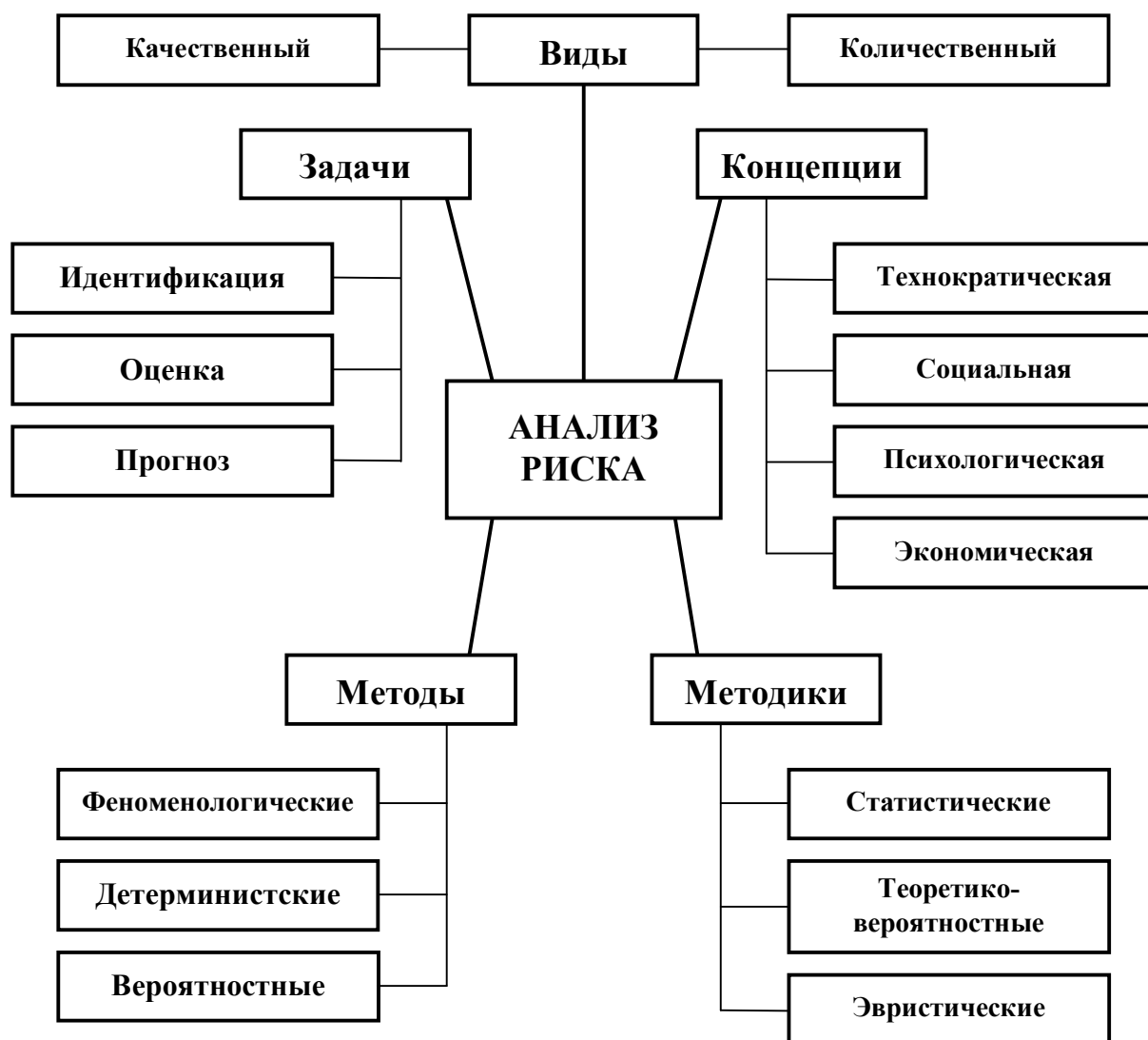


Рисунок 1.1 – Методологические аспекты анализа риска

Из представленных на рисунке 1.1 концепций при анализе риска ЧС, в первую очередь, используется технократическая концепция, основанная на анализе относительных частот возникновения ЧС как способе задания их вероятностей.

В рамках технократической концепции после идентификации опасностей оценивается их уровень и последствия, к которым они могут привести, т.е. вероятность соответствующих событий и связанный с ними потенциальный ущерб. Для этого используются методы оценки риска, которые в общем случае делятся на феноменологические, детерминистские и вероятностные.

Феноменологические методы базируются на определении возможности протекания аварийных процессов, исходя из результатов анализа необходимых и достаточных условий, связанных с реализацией тех или иных законов природы.

Детерминистские методы предусматривают анализ последовательности этапов развития аварий, начиная с исходного события через последовательность предполагаемых стадий отказов, деформаций и разрушений компонентов до установившегося конечного состояния системы.

Вероятностные методы предполагают как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчёт относительных вероятностей того или иного пути развития процессов. Этот метод считается наиболее перспективным [1].

В зависимости от качества и количества исходной информации на основе вероятностного метода можно построить любую из трех, представленных на рисунке 1.1, методик.

В статистической методике вероятности определяются по статистическим данным. Теоретико-вероятностные методики используются для оценки рисков от редких событий, когда статистика практически отсутствует. И, наконец, эвристические методики основаны на субъективных вероятностях, получаемых при помощи экспертного оценивания. Они используются при оценке комплексных рисков от различных опасностей, когда отсутствуют не только статистические методы, но и математические модели (либо модели являются приближенными).

Под прогнозированием ЧС в соответствии с п. 3.1.2 ГОСТ Р 22.1.02-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения» [23] необходимо понимать «...опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин её возникновения, её источника в прошлом и настоящем» [23, с. 2]. При этом прогнозирование может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер.

В мореплавании основные принципы управления безопасностью сформулированы в Международном кодексе по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (МКУБ) [135].

Целью МКУБ определено обеспечение безопасности на море, предотвращение несчастных случаев или гибели людей и избежание вреда окружающей среде и имуществу [135]. МКУБ требует от судоходных компаний наличия эффективной системы управления безопасностью (СУБ), которая должна включать в себя следующее [135]:

- политику в области безопасности и защиты окружающей среды;
- инструкции и процедуры для обеспечения безопасной эксплуатации судов и защиты окружающей среды, основанные на нормах международного и национального права;
- установленный объём полномочий и линии связи между персоналом на берегу и на судне и внутри их;
- процедуры передачи сообщений об авариях и случаях несоблюдения положений МКУБ;
- процедуры подготовки к аварийным ситуациям и действиям в аварийных ситуациях;
- процедуры проведения внутренних аудиторских проверок и процедуры пересмотра управления.

Введение в действие МКУБ, как указано в [9], окончательно запутало проблему и не привело к существенным результатам. Индекс аварийности мирового флота так и не снизился. Причём наличие государственного контроля никак не сказывалось на оптимизации управления безопасностью в соответствии с МКУБ.

Основной проблемой МКУБ Клименко В.Д. [58] видит игнорирование человеческого фактора. По его мнению, отсутствие определения человеческого фактора на момент принятия МКУБ привело к тому, что основной акцент в создании СУБ в компаниях и на судах был перенесен на выполнение обязательных норм и правил, которые уже являются обязательными для вы-

полнения в соответствии с международными и национальными нормативно-правовыми документами. Таким образом, СУБ компании требует формализации «правил действий» работников в конкретных ситуациях в виде установленных процедур. Однако причины невыполнения судовых процедур и обязательных норм и правил могут самыми разнообразными, и часто обусловлены законами поведения конкретного человека. Стандарт по управлению безопасной эксплуатацией судов – МКУБ – не даёт инструментов для количественной оценки степени влияния человеческого фактора на введенные процедуры СУБ компании. Именно в этом Клименко В.Д. видит основную причину недостатков МКУБ – нормирование только обязательных требований и правил и отсутствие рекомендаций по определению и учету «законов поведения» человека при выполнении той или иной процедуры.

В настоящее время эффективность СУБ поддерживается в судоходных компаниях на таком необходимом минимуме, какой требуется для удовлетворения формальным требованиям нормативных документов и сохранения ниши в морском сегменте экономики. В итоге цель – обеспечение безопасности, подменяется экономической – обеспечение прибыли. Кроме того, в основе функционирования любой СУБ лежит не фактические действия по оценке безопасности, разработки и принятию тех или иных мер и контролю их исполнения, а бюрократические процедуры фиксации этих действий по принципу «есть документ – есть безопасность».

Однако самое главное – системы управления безопасностью, построенные согласно МКУБ, лишь в малой своей части соответствуют описанной выше концепции управления риском ЧС. Отсутствие терминологии, взаимосвязанной с безопасностью в ЧС, рамочный характер МКУБ, приоритет документооборота над реальными действиями, формальный подход к оценке и анализу риска, необходимость оценивать все идентифицированные риски, связанные с судами, персоналом и окружающей средой позволяют сделать вывод, что СУБ, используемые на морских судах и в компаниях, не могут

считаться каким-либо вариантом реализации концепции управления риском ЧС.

Еще одним препятствием реализации концепции управления риском ЧС на морских судах – потенциально опасных объектах является то, что Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций не воспринимает морские суда в качестве своего элемента объектового уровня.

Таким образом, до настоящего времени остаётся актуальной проблема, которая в [94] была сформулирована следующим образом: «исследования по проблемам риска и производственной безопасности страдают из-за ведомственных барьеров, отсутствия единой скоординированной методологии, в результате чего научная работа по этой важной проблеме оказывается разделенной. Использование разных методик и критериев ведёт к неоптимальным решениям, большим экономическим издержкам и неизбежному в таких случаях риску крупных аварий» [94].

## 1.2 Множественность понятий человеческого фактора.

### Человеческий фактор в судовождении

Исследования, связанные с безопасностью эксплуатации социотехнических систем, содержат два генеральных самостоятельных, и одновременно пересекающихся направления. Первое из них (техническая составляющая) нацелено на повышение надёжности различных приспособлений, механизмов и устройств, используемых человеком в различных производственных процессах. Второе направление (человеческая составляющая) связано с изучением природы ошибок человека-оператора, совершаемых им в этих производственных процессах. Для обозначения человеческой составляющей работы социотехнических систем, как правило, используется термин «человеческий фактор». За последние два десятилетия акцент в подобных исследованиях значительно сместился в сторону именно человеческой составляющей (чело-

веческого фактора). Это связано с тем, что длительное доминирование в исследованиях технической составляющей не имело должного эффекта – кривые аварийности в различных отраслях (в том числе и кривая аварийности судов в мореплавании) продолжали расти. Однако общепринятого унифицированного развёрнутого определения термина «человеческий фактор» в науке не существует. Каждая организация, заинтересованная в изучении человеческого фактора (ИМО, ИКАО и т.д.), каждый исследователь имеют своё определение, обусловленное как интуитивным, так и обоснованным восприятием термина, а также особенностями отрасли [31].

Впервые в литературе человеческий фактор встречается в названии книги «Человеческий фактор в предпринимательстве» (1921) Бенджамина Сибома. Близкий по смыслу оборот «человеческий элемент» появился в Англии не позднее 1887 г. [8]

Одна из первых попыток раскрыть содержание понятия «человеческий фактор» была предпринята в 1930 советским учёным Добротворским Н.М. В 1957 в США было образовано Общество человеческих факторов, в 1958 началось издание журнала «Человеческие факторы» [8].

В СССР это словосочетание стало очень популярным начиная с 1985 г., когда Генеральный секретарь ЦК КПСС Горбачев М.С. стал выступать с речами, в которых он призывал мобилизовать и активизировать человеческий фактор в перестройке.

В общем случае под словом «фактор» (нем. Faktor, от лат. factor – делающий, производящий) понимают «...причину, движущую силу какого-либо процесса, определяющую его характер или отдельные его черты» [8]. В очень широком смысле это определение можно отнести и к понятию «человеческий фактор», подразумевая под этим термином ту часть деятельности человека – участника какого-либо процесса (как правило, производственного), которая влияет на течение этого процесса. Может показаться, что представленной дефиниции вполне достаточно как для бытового понимания, так и для научных исследований, однако очевидно, что она несёт мало содержа-

тельной нагрузки. Множественные определения, представленные в литературе, имеют различные формулировки и смысл. Необходимо заметить, что само словосочетание «человеческий фактор» является по сути своим, наиболее пространным, определением. С другой стороны наиболее развёрнутым определением будет теория человеческого фактора. В интересах же научного исследования необходимо иметь компактную дефиницию, определяющую вектор этого исследования, его предмет, объект и цели. Для создания таковой сделаем попытку проанализировать и обобщить несколько из множества существующих определений «человеческого фактора».

Так, согласно [8], «человеческий фактор в технике – характеристики человека (или группы людей) и машины (или технические системы), проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия в системе «человек-машина», функционирование которой определяется достижением поставленной цели. Человеческие факторы имеют отношение, прежде всего, к тому аспекту этого взаимодействия, который определяется деятельностью человека...» [8].

Человеческий фактор в инженерной психологии, а также у спасателей, автомобилистов и во многих других отраслях – психологические и иные характеристики человека, его возможности и ограничения, определяемые в конкретных условиях его деятельности [29].

В [105] представлено двоякое определение. С одной стороны, человеческий фактор рассматривается как совокупность анатомических, физиологических и психологических особенностей человека, оказывающих влияние на эффективность его деятельности в системе «человек-машина». С другой – как многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или алогичных решений в конкретных ситуациях.

В психологических словарях человеческий фактор – это, в широком смысле, понятие, используемое в социально-экономических дисциплинах для характеристики комплекса факторов, оказывающих определяющее влияние на эффективность общественного производства, связанных с мотивацией,

системой ценностей, материальными и духовными условиями существования человека; в узком смысле – понятие, означающее интегральные характеристики связи человека и технического устройства, проявляемые в конкретных условиях их взаимодействия при функционировании эргатической системы [111].

Человеческий фактор в авиации определяется как набор присущих людям-aviatorам физиологических и психологических возможностей и ограничений, которые, в случае непринятия их во внимание, могут стать причиной неправильных действий [102]. Под человеческим фактором в авиации на первых этапах его исследования понимали проявление причин, зависящих как от людей, непосредственно связанных с разработкой авиационной техники, техническим ее обслуживанием и эксплуатацией, управлением воздушным движением (УВД), так и от определяющих характеристик окружающей среды. Впоследствии это понятие сузилось до охвата причин, порождаемых, в первую очередь, деятельностью экипажей воздушных судов и диспетчерских смен УВД [65].

В Российской энциклопедии по охране труда человеческий фактор – это комплекс психофизиологических особенностей человека (восприятие информации, принятие решений, психологические установки и т. п.) и его социальных ролей, играющий важную роль в промышленной безопасности и охране труда [106].

Следующее определение также часто используются в литературе (например, в [50]).

Человеческий фактор – устойчивое выражение, которым обозначают психические способности человека как потенциальный и актуальный источник (причину) информационных проблем, либо проблем управления техникой (коллизий) при использовании этим человеком современных технологий.

В судовождении большой вклад в исследование человеческого фактора внёс Кацман Ф.М., в труде [53] которого проанализированы практически все значимые для мореплавания аспекты этого явления: усталость, компетент-



ность, комплектование экипажей, языковые проблемы многонациональных экипажей, морское образование, конфликтность в экипаже, психологические аспекты. Несмотря на то, что Кацман Ф.М. в своём труде так и не вывел конкретного определения понятия «человеческий фактор», он наиболее полно сформировал теорию человеческого фактора в судовождении, объединив ряд исследований различных авторитетных организаций.

Также изучением человеческого фактора применительно к судовождению занимался Вейхман В.В., который понимает под этим термином «характеристики человека и технических средств, проявляющиеся в конкретных условиях их взаимодействия» [18, с.3]. Подобное определение Вейхман В.В. обосновывает тем, что «каждому человеку при наличии затруднений свойственны ограничения возможностей, обусловленные несоответствием его психологических и психофизиологических характеристик характеристикам технических систем, с которыми он взаимодействует в процессе трудовой деятельности» [18, с.3].

Почти каждое из приведённых выше определений и описаний представляет человеческий фактор, как набор (совокупность, комплекс) характеристик человека, или его возможностей и ограничений. Однако некоторые формулировки вводят условие, что такой комплекс определяет понятие «человеческий фактор» только при взаимодействии человека с техническими средствами и только в системе с характеристиками этого средства. По этой причине для изучения ошибочных действий человека, влекущих за собой аварии на производстве и транспорте, параллельно предлагается использовать понятие «личный фактор» – индивидуальные характеристики человека безотносительно к характеристикам технических средств, с которыми он взаимодействует [8]. Рассматривает понятие «личный фактор» и Вейхман В.В., однако вкладывает в него немного другой смысл, связывая «с отрицательными чертами конкретных людей: недисциплинированностью, халатностью и беспечностью, невежеством и т.п.» [18].

Дифференциация личного и человеческого факторов имеет свои истоки

в эргономике. Эргономика – научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека и других элементов системы, а также сфера деятельности по применению теории, принципов, данных и методов этой науки для обеспечения благополучия человека и оптимизации общей производительности системы [137]. Кроме того «человеческие факторы» – это второе название эргономики в США. Эргономические методы позволяют разрабатывать оптимальные рабочие места (например, мостик для судоводителя) и учитывают анатомические, физиологические и психологические особенности человека для предотвращения ошибок во взаимодействии «человек-машина». Вместе с тем деятельность судоводителя происходит всегда в системе «человек-машина» («судоводитель-судно») и нет никакого смысла вводить и использовать отдельно понятие «личный фактор». Для обеспечения безопасности деятельности (мореплавания) необходимо принимать во внимание весь комплекс характеристик человека (судоводителя), который потенциально может влиять на восприятие и переработку информации, процесс принятия им решения, качество этого решения и его исполнения.

Другой дискуссионный вопрос – какие именно характеристики человека включает в себя человеческий фактор. В связи с этим предлагается выделить четыре группы значимых характеристик: профессиональные, психофизиологические, психологические и характеристики, обусловленные социальной средой (социальные характеристики).

С одной стороны при исследовании человеческого фактора можно пренебречь и не включать в само понятие профессиональные качества судоводителя, так как априори «невежественный» штурман, знания, умения и диплом которого не соответствуют требованиям Кодекса ПДНВ, не может оказаться на мостике. Однако, профессиональный опыт, который входит в эту группу характеристик судоводителя и имеет большое значение для обеспечения безопасного плавания, может быть получен только в процессе продолжительной практической деятельности. Отличие в опыте двух разных судоводителей свидетельствует при прочих равных условиях о различии уровней про-

фессионализма у этих судоводителей. Кроме того, качество подготовки судоводителей в различных морских вузах в силу множества причин, удовлетворяя требуемым стандартам, всё равно отличается.

К профессиональным характеристикам относится также способность длительное время концентрировать внимание, ответственность, дисциплинированность, организаторские, управленческие способности. Однако судоводитель с отсутствием таких характеристик, являющихся прямым противопоказанием к профессии, вряд ли пройдёт искусственный (при наличии системы профотбора в учебном заведении или судоходной компании) или естественный (заканчивающийся списанием за профнепригодность) отбор.

В число значимых для безопасности плавания психофизиологических характеристик судоводителя входят такие, как зрение, слух, быстрота сенсомоторных реакций, выносливость, развитый вестибулярный аппарат и т.п., а также общее состояние здоровья. Естественно, что случаи, когда психофизиологические качества не удовлетворяют минимальным требованиям, могут быть выявлены в процессе периодического медицинского освидетельствования, но даже у здорового судоводителя в течение рейса и даже в течение одной вахты, психофизиологические характеристики могут колебаться в различных пределах.

Наиболее сложная, психологическая, составляющая человеческого фактора включает в себя психологическую устойчивость (стрессоустойчивость), адаптивность, тревожность, ригидность и т.п. При этом именно стрессоустойчивость является ведущим и наиболее важным профессиональным качеством судоводителя, наличие и развитие которого обеспечивает надежность и безопасность профессиональной деятельности [85, 86]. Уровень стрессоустойчивости конкретного судоводителя показывает, насколько он способен сохранять свои другие профессионально важные качества постоянными при изменении условий деятельности (вплоть до экстремальных и аварийных).

Четвёртая составляющая человеческого фактора – характеристики, обу-

словленные социальной средой – объединяет общественные и межличностные отношения, конфликтность, бытовую устроенность, семейную обстановку, морально-нравственные устои и ценности, мотивацию и т.д.

Особо необходимо отметить такую характеристику судоводителя, как отношение к алкоголю. Так, Митрофанова Н.В. [80] включает эту характеристику в число рискообразующих. Конечно, очевидно, что присутствие на мостике вахтенного помощника с признаками похмельного синдрома (или, тем более, в состоянии алкогольного опьянения) абсолютно недопустимо и является нонсенсом. Вместе с тем, в практике такие случаи редко, но имеют место быть. Патологические нарушения (алкоголизм) рано или поздно выявляются на медицинском освидетельствовании. Все остальные случаи – следствие безответственности и недисциплинированности конкретного судоводителя, то есть, иными словами, следствие отсутствия определённых профессиональных качеств.

Непосредственно содержание комплекса профессиональных, психофизиологических, психологических и социальных характеристик определяется их проявлением в процессе выполнения судоводителем обязанностей вахтенного помощника и влиянием на эффективность его деятельности.

Введём понятия «идеальные решения» и «идеальные действия», под которыми будем понимать решения и действия судоводителя или результат работы системы поддержки принятия решения, наилучшим образом соответствующие условиям плавания и требованиям к его безопасности. В таком случае, человеческий фактор в судовождении – это совокупность профессиональных, психофизиологических, психологических и социальных характеристик судоводителя, обуславливающих отличие его действий и решений от «идеальных» в конкретных условиях плавания или, иными словами, негативно влияющих на эффективность его деятельности.

### 1.3 Анализ нормативно-правовых документов, регламентирующих учёт человеческого фактора в мореплавании

Основной вклад в комплексную нормативно-правовую регламентацию обеспечения безопасности мореплавания на международном уровне вносит Морская международная организация (International Maritime Organization – ИМО, ИМО), являющаяся специализированным учреждением ООН.

В число основных декларируемых функций ИМО среди прочих входит организация обеспечения безопасности на море и защиты окружающей среды и создание обязательных и рекомендательных международных конвенций, кодексов, резолюций, протоколов, циркуляров и рекомендаций.

Большинство нормативно-правовых документов, касающихся безопасности мореплавания, разрабатываются такими структурными подразделениями ИМО, как Комитет по безопасности мореплавания (Maritime Safety Committee – MSC) и подкомитет по человеческому элементу, подготовке и несению вахты (Sub-Committee on Human Element, Training and Watchkeeping – НТВ).

Долгое время человеческий фактор оставался на периферии интересов ИМО, и только в 90-х годах прошлого столетия произошла переоценка приоритетов в отношении детерминант безопасности на море в пользу «человеческой» составляющей. Результатом такой переоценки стала принятая в 1997 году резолюция А.850 «Концепция человеческого фактора. Принципы и цели Организации» [64] – первый нормативный документ ИМО, подтверждающий главенствующую роль человеческого элемента в авариях на море и формулирующий основополагающую для безопасности мореплавания концепцию (идеологию) человеческого фактора (элемента). Именно в 90-х годах прошлого столетия началось так называемое «очеловечивание конвенций» [95].

Указанная концепция человеческого фактора заключается в следующем: значительно повысить уровень безопасности на море и качество морской окружающей среды через обращение к вопросам человеческого элемента с це-

лью улучшения его возможностей.

Среди принципов ИМО, обозначенных в резолюции А.850 [64] необходимо выделить следующие:

- эффективность мероприятий, связанных с исправлением ситуаций, приводящих к авариям на море, требует глубокого понимания роли человеческого элемента в причинной связи происшествия;
- работа экипажа определяется индивидуальными способностями, политикой управления, факторами культуры, опытом, подготовкой, рабочими навыками, окружением на рабочем месте и множеством других факторов;
- анализ человеческого фактора должен быть нацелен на снижение вероятности ошибки человека настолько, насколько это возможно.

Целью ИМО в отношении человеческого фактора кроме прочего является:

- создание организованного подхода к надлежащему анализу человеческого фактора;
- учёт человеческого фактора при выборе существующих инструментов ИМО;
- обучение мореплавателей с целью увеличения объёма их знаний и понимания влияния человеческого фактора на безопасную эксплуатацию судов для принятия ими правильных решений.

Кроме того, в резолюции А.850 была сделана первая попытка правового нормирования самого понятия «человеческий фактор», под которым в этой резолюции подразумевается «...комплексное, многогранное явление, затрагивающее безопасность мореплавания и защиту морской окружающей среды. Оно касается всего спектра человеческой деятельности, выполняемой судовыми экипажами, береговыми службами управления, органами, издающими нормативные документы, классификационными обществами, судостроительными заводами, законодательными органами и другими соответствующими сторонами, и они нуждаются в сотрудничестве для того, чтобы эффек-

тивно решать проблему человеческого фактора» [64].

Таким образом, ИМО резолюцией А.850 придала человеческому фактору статус основополагающего элемента безопасности мореплавания и поставила перед мировым морским сообществом задачу интеграции концепции человеческого элемента в процессы всех уровней, так или иначе связанных с мореплаванием.

Концепция человеческого фактора получила воплощение во всей дальнейшей (после принятия резолюции А.850(20)) нормотворческой работе ИМО, где эта концепция заняла главенствующее положение. Так в ноябре 1999 года резолюцией А.884(21) было принято «Руководство по расследованию человеческого фактора в морских авариях и инцидентах» [107] как приложение к Кодексу по расследованию морских аварий и инцидентов (резолюция А.849(20)), который в 2008 году был заменён новым (резолюция MSC.255(84)). Целью этого Руководства является предоставление практических рекомендаций по системному расследованию человеческого фактора в морских авариях и инцидентах, для проведения эффективного анализа и разработки предупредительных мер. Этот нормативный документ содержит практическую информацию о методах и процедурах систематического сбора и анализа информации о человеческом факторе во время расследования морских аварий и инцидентов, предлагается перечень вопросов, которые должны быть рассмотрены лицами, проводящими расследование, и процедуры составления и представления докладов о результатах.

Кроме того, ряд положений вводной части Руководства можно считать частью рассмотренной выше концепции человеческого фактора. К числу этих положений относятся следующие [107]:

- существование, когда люди живут там же, где они работают, в течение продолжительных периодов времени, в высокодинамичной среде создает уникальную форму рабочей жизни, которая почти несомненно увеличивает риск ошибки, свойственной человеку;
- исторически международное морское сообщество рассматривало

проблему безопасности на море преимущественно под техническим углом зрения. Традиционный здравый смысл состоял в том, чтобы применять инженерные и технологические решения для повышения безопасности и сведения к минимуму последствий морских аварий и инцидентов. Соответственно, стандарты безопасности в основном касались требований к конструкции и оборудованию судна. Несмотря на технические новшества в этой области, продолжали происходить крупные морские аварии и инциденты. Этот факт побудил международное морское сообщество к тому, чтобы перейти от подхода, ориентированного на технические требования к конструкции и оборудованию судов, к такому подходу, при котором признается и более полно учитывается роль человеческого фактора в безопасности на море в рамках всей морской отрасли, во всех аспектах деятельности на море, включая проектирование, производство, управление, эксплуатацию и техническое обслуживание;

- существуют иные, чем надлежащие подготовка и дипломирование, факторы, способствующие возникновению морских аварий и инцидентов, которые должны быть поняты, расследованы и учтены: общение, компетентность, культура, опыт, усталость, здоровье, информированность об обстановке, стресс и условия труда;
- человеческий фактор, способствующий возникновению морских аварий и инцидентов, может быть в целом определен как действия или упущения, преднамеренные или совершенные иным образом, которые отрицательно сказываются на надлежащем функционировании соответствующей системы или выполнении конкретной задачи. Таким образом, для того чтобы понять человеческий фактор, требуется изучить и проанализировать конструкцию оборудования, взаимодействие оператора-человека с оборудованием и процедуры, которые выполняются экипажем и администрацией.

С 21 по 25 июня 2010 года в Маниле по просьбе президента Филиппин



и приглашению правительства Филиппин под эгидой ИМО прошла Дипломатическая конференция Сторон Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. Конференция приняла поправки к Конвенции и Кодексу ПДНВ, финальный акт подписан представителями 82 государств, являющихся Сторонами Конвенции, включая представителей Российской Федерации. Фактически был принят текст Конвенции ПДНВ и Кодекса ПДНВ в новой редакции.

25 июня 2010 года представителями сторон Конвенции был подписан Заключительный акт Конференции, одобряющий текст поправок, которыми в число необходимых требований в отношении знаний и умений вахтенного помощника, старшего помощника и капитана включили уверенность, поддержание эффективного уровня владения ситуацией.

#### 1.4 Анализ существующих методов учёта человеческого фактора в мореплавании

Попытки решить проблему человеческого фактора, а, точнее, проблему его учёта в мореплавании осуществляются не только на уровне ИМО и её структурных подразделений, но и в научном сообществе.

Так, Туркиным В.А. [119] предложено решение задачи свести к нахождению функциональной зависимости между оценками факторов опасности и вероятностью возникновения происшествия в человеко-машинной системе, т.е.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.1)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – формализованные оценки факторов опасности.

На основании анализа статистических данных по техногенным авариям автором выявлены 30 наиболее значимых факторов, влияющих на вероятность возникновения происшествий в человеко-машинной системе (таблица

1.1). Оценка их влияния на вероятность возникновения происшествий проводилась с использованием логико-лингвистической (имитационной) модели.

Таблица 1.1 – Состав и характеристики учитываемых факторов опасности  
(по В.А. Туркину)

Компонент	Код	Фактор опасности	$x_i$
Человек-оператор	Н01	Пригодность по физиологическим показателям	$x_1$
	Н02	Технологическая дисциплинированность	$x_2$
	Н03	Качество приёма и декодирование информации	$x_3$
	Н04	Навыки выполнения работы	$x_4$
	Н05	Качество мотивационной установки	$x_5$
	Н06	Знание технологии работ	$x_6$
	Н07	Знание физической сущности процессов в системе	$x_7$
	Н08	Способность правильно оценивать информацию	$x_8$
	Н09	Качество принятия решений	$x_9$
	Н10	Самообладание в экстремальных ситуациях	$x_{10}$
	Н11	Обученность действиям в нештатных ситуациях	$x_{11}$
	Н12	Точность корректирующих действий	$x_{12}$
Машина-оборудование	М01	Качество конструкции рабочего места оператора	$x_{13}$
	М02	Степень учёта особенностей работоспособности человека	$x_{14}$
	М03	Оснащённость источниками опасных и вредных факторов	$x_{15}$
	М04	Надёжность вспомогательных узлов и элементов	$x_{16}$
	М05	Безотказность основных узлов и элементов	$x_{17}$
	М06	Длительность действия опасных и вредных факторов	$x_{18}$
	М07	Уровень потенциала опасных и вредных факторов	$x_{19}$
	М08	Безотказность приборов и устройств безопасности	$x_{20}$

Компонент	Код	Фактор опасности	$x_i$
Рабочая среда	C01	Комфортность по физико-химическим параметрам	$x_{21}$
	C02	Качество информационной модели состояния среды	$x_{22}$
	C03	Возможность внешних опасных воздействий	$x_{23}$
	C04	Возможность внешних неблагоприятных воздействий	$x_{24}$
Технология	T01	Удобство подготовки и выполнения работ	$x_{25}$
	T02	Удобство технического обслуживания и ремонта	$x_{26}$
	T03	Сложность алгоритмов оператора	$x_{27}$
	T04	Возможность появления человека в опасной зоне	$x_{28}$
	T05	Возможность появления других незащищённых элементов в опасной зоне	$x_{29}$
	T06	Надёжность технологических средств обеспечения безопасности	$x_{30}$

В основу идеи моделирования Туркиным В.А. положён учёт влияния различных факторов, в том числе и психофизиологических свойств человека-оператора.

Для унификации качественных и количественных данных В.А. Туркин использовал бальную оценку факторов, опирающуюся на универсальную лингвистическую шкалу («очень, очень низко», «очень низко» и т.д.) и таблицу соотношения между лингвистическими и числовыми значениями факторов.

Так как основной причиной аварий является человеческий фактор, то при проведении исследования В.А. Туркиным изменялись значения только 12 факторов опасности, относящихся к состоянию человека, а значения факторов оборудования, комфортности среды и уровня технологии зафиксированы на средних значениях.

На основании предварительных экспериментов автором было установ-

лено, что зависимость вероятности возникновения происшествия от психофизиологических характеристик человека носит явно нелинейный характер. Следовательно, для получения зависимости, адекватно описывающей результаты эксперимента, уравнение регрессии должно иметь вид полинома второго порядка.

При наличии 12 факторов число опытов в полном факторном эксперименте должно быть равно  $N = 3^k = 3^{12} = 531441$ . Так как реализация такого эксперимента требует неприемлемо больших затрат времени, Туркин В.А. принял решение ограничить число варьируемых факторов человека, представленных в таблице 1.1, выбрав четыре наиболее значимых фактора: НО2 ( $x_2$ ), НО3 ( $x_3$ ), НО9 ( $x_9$ ), НО12 ( $x_{12}$ ). Для получения приемлемого числа опытов в эксперименте с четырьмя факторами автором был реализован ортогональный план второго порядка.

На основании результатов эксперимента Туркиным В.А. были рассчитаны значения коэффициентов при факторах в уравнении регрессии. После оценки по критерию Стьюдента значимости всех коэффициентов и исключения незначимых уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$y = 1,86 \cdot 10^{-4} - 9,04 \cdot 10^{-5} x_2 - 1,65 \cdot 10^{-4} x_3 - 9,79 \cdot 10^{-5} x_9 - 1,71 \cdot 10^{-4} x_{12} + 5,55 \cdot 10^{-5} x_3^2 + 7,9 \cdot 10^{-6} x_9^2 + 2,09 \cdot 10^{-5} \cdot x_{12}^2 + 4,78 \cdot 10^{-5} x_2 x_3 + 2,37 \cdot 10^{-5} x_2 x_9 + 9,04 \cdot 10^{-5} x_2 x_{12} + 5,51 \cdot 10^{-5} x_3 x_9 + 1,27 \cdot 10^{-4} x_2 x_{12} + 8,82 \cdot 10^{-5} x_9 x_{12}. \quad (1.2)$$

При использовании зависимости (1.2) значения факторов представляются в числовом виде. Соотношение между лингвистическими и числовыми значениями факторов человека представлено в таблице 1.2.

Метод оценки влияния человеческого фактора на безопасность проведения работ, предложенный Туркиным В.А., отличается простотой, однако он не лишён ряда недостатков:

Таблица 1.2 – Соотношение между лингвистическими и числовыми значениями факторов (по В.А. Туркину)

Лингвистическое значение	очень низкое	низкое	ниже среднего	среднее	выше среднего	хорошее	очень хорошее
Числовое значение	-1,333	-1,000	-0,667	-0,333	0,0	0,333	0,667

- отсутствует практика применения, которая могла бы как подтвердить валидность и эффективность метода, так и скорректировать его новым статистическим материалом;
- получаемая по формуле (1.2) количественная оценка не является комплексной, учитывающей все предложенные в таблице 1.1 факторы опасности по компоненте «человек-оператор», кроме того, выбор именно этих 12 факторов отнюдь не бесспорен;
- подобная количественная оценка может быть использована только для сравнительного анализа специалистов или экипажей в пределах одной компании, где существует единая методика количественного определения факторов опасности;
- методика не позволяет определить вес того или иного фактора в общей количественной оценке и разработать конкретные корректирующие действия, а также составить программу корректирующей подготовки специалистов.

Митрофановой Н.В. разработана своя методика «оценки риска влияния человеческого фактора на происшествия в морском рейсе с неблагоприятным исходом» [80].

В основе предложенной Митрофановой Н.В. методики лежит пятибалльная экспертная оценка личностных характеристик члена экипажа. Для этой цели в качестве основных рискообразующих характеристик моряка автор предлагает использовать такие, как профессионализм, ответственность, внимательность, конфликтность, реакция, отношение к алкоголю. На основе экспертного метода автором выполнена оценка каждого из

этих качеств. Общий показатель личностных характеристик работника плавсостава предлагается оценивать по формуле:

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^6 \alpha_i \beta_{ij}}{25}.$$

где  $K_1$  – показатель личностных характеристик моряка;

$i$  – количество экспертов;

$j$  – количество оцениваемых качеств моряка;

$\alpha_i$  – весомость  $j$ -го качества моряка;

$\beta_{ij}$  – оценка  $i$ -м экспертом  $j$ -го качества моряка по пятибалльной системе.

Для определения уровня риска полученное значение показателя личностной характеристики оценивается с помощью таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Оценка риска с учетом качественных и количественных характеристик моряка

Качественная характеристика	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Количественная характеристика	0 – 0,5	0,51 – 0,75	0,76 – 0,84	0,85 – 1
Уровень риска	Критический	Максимальный	Средний	Минимальный

Учитывая, что аварийные ситуации возникают по вине судоводителей в 50% случаев, по вине механиков – 15 %, рядового состава – 35%, для расчета комплексного показателя по экипажу Митрофановой Н.В. за основу была взята средневзвешенная величина

$$K = \frac{\sum_{i=1}^k K_{MC}}{k} \times 0,5 + \frac{\sum_{i=1}^l K_{MM}}{l} \times 0,15 + \frac{\sum_{i=1}^m K_{MP}}{m} \times 0,35,$$

где  $K_{MC}$  – индивидуальная количественная оценка человеческого фактора для каждого судоводителя,

$K_{MM}$  – индивидуальная количественная оценка человеческого фактора для каждого механика,

$K_{MP}$  – индивидуальная количественная оценка человеческого фактора для каждого представителя рядового состава,

$k$  – количество судоводителей на судне,

$l$  – количество механиков на судне,

$m$  – количество представителей рядового состава на судне.

В данной методике в ущерб адекватности упор был сделан на простоту. Выбор исследуемых параметров, их количество, порядок трансформации рассчитанных количественных данных в качественные делают описанную методику неприменимой в целях безопасности мореплавания. Здесь всё-таки необходимо заметить, что методика создавалась для учёта человеческого фактора при страховании судов.

В качестве положительной стороны описанной методики можно указать на форму представления окончательной количественной оценки – в пределах от нуля до единицы, где единице соответствует максимальная безопасность мореплавания с точки зрения влияния на неё человеческого фактора, то есть в соответствии с этой методикой оценивается позитивный человеческий фактор. Подобные пределы изменения количественной оценки наиболее доступны для восприятия потенциальными пользователями методики наряду, наверное, с привычной со школьной скамьи пятибалльной системой.

Большое внимание человеческому фактору в своих исследованиях отводит Клименко В.Д. Так, им предложены прямой и косвенный методы учёта человеческого фактора [58].

В основу прямого метода автором были положены вероятностные характеристики, показывающие непосредственные зависимости между возможностью совершения ошибки вахтенным помощником капитана, либо ка-

питаном под влиянием того или иного дестабилизирующего фактора.

Для реализации прямого метода учёта человеческого фактора автором предлагается выполнение следующей последовательности операций:

- выявление основных дестабилизирующих факторов  $F_i$ , которые могут в течение рейса влиять на вахтенных помощников капитана;
- выбор вероятностей  $P_i$  проявления этих факторов применительно к планируемому рейсу;
- выявление возможных ошибок  $M_j(F_i)$ , которые могут возникнуть у вахтенных помощников капитана под влиянием каждого дестабилизирующего фактора  $F_i$ ; также необходимо определить вероятности  $P_{Mj}$  появления ошибки  $M_j(F_i)$ ;
- выбор относительных весовых коэффициентов  $K_{omj}$ , характеризующих последствия от ошибок  $M_j(F_i)$ , которые может совершить вахтенный помощник капитана;
- для дальнейшего учёта дестабилизирующего фактора принимается только один вариант, соответствующий наихудшим последствиям от совершения ошибки судоводителем, то есть  $K_{omj} = \max$ , независимо от вероятности её появления;
- составление трёх таблиц, которые отражают: оценку дестабилизирующих факторов в рейсе (ранжировка по вероятности появления дестабилизирующего фактора  $P_i$ ), оценку последствий возможных ошибок вахтенных помощников капитана (ранжировка относительно весового коэффициента  $K_{omj}$  по его значению); оценку частоты появления ошибок у вахтенных помощников капитана  $P_{Mj}$  под воздействием дестабилизирующего фактора (ранжирование по вероятности появления ошибки  $P_{Mj}$ ); информация этих таблиц является основанием для принятия мер по исключению или снижению последствий действия дестабилизирующих факторов.



Предложенный Клименко В.Д. прямой метод учёта человеческого фактора основан на использовании заранее определенных зависимостях вероятности появления тех или иных дестабилизирующих факторов, характером ошибки, допущенной вахтенным помощником капитана под воздействием этих факторов и её последствиями. Однако сам автор признаёт, что на практике эти зависимости не определены, и необходимо проводить дополнительные расчёты для повышения качества прямого метода учёта человеческого фактора. Для решения этой задачи Клименко В.Д. предлагает два пути решения:

- использование статистических данных, собранных либо в результате анализа аварийных и предаварийных ситуаций, либо по результатам выполненных на навигационном тренажёре упражнениях;
- привлечение экспертов и экспертного метода оценки таких параметров, как вероятность появления дестабилизирующих факторов и относительные весовые коэффициенты.

Прямой метод учёта человеческого фактора, по мнению Клименко В.Д., позволит учитывать все аспекты функционирования системы, которую представляет собой судно. Однако подробная детализация, отсутствие достоверных данных о поведении вахтенных помощников капитана в аварийных ситуациях, о вероятности появления тех или иных дестабилизирующих факторов на судах, делает вероятностный метод малоприменимым на практике в судоходных компаниях на настоящем этапе.

Как альтернативу прямому методу учёта человеческого фактора Клименко В.Д. предлагает метод косвенный, в основе которого лежат теория автоматического регулирования и анализ системы управления безопасной эксплуатацией судов в судоходной компании.

Предложенный косвенный метод учёта влияния человеческого фактора является методом получения количественной оценки СУБ компании и рассчитан на стимулирование действия самой компании в области совершенствования СУБ, в том числе и по учёту человеческого фактора через решение

частных задач ключевых областей.

Косвенный метод Клименко В.Д. даёт не обособленную количественную или качественную оценку человеческого фактора, а оценку зрелости СУБ судоходной компании, а уже по СУБ компании предлагается делать вывод об уровне управления в компании человеческим фактором. Таким образом, этот метод является всё-таки не методом учёта влияния человеческого фактора (пусть даже и косвенным), а методом оценки зрелости СУБ судоходной компании.

В западном научном мире с середины 70-х годов прошлого века сформировалась цельная и самостоятельная методология оценивания надёжности человека (Human Reliability Assessment – HRA; в дальнейшем будет употребляться именно эта англоязычная аббревиатура), которая долгое время применялась в основном в ядерной индустрии. Изначально HRA являлось составляющей частью вероятностной оценки рисков, но со временем обрело автономный статус [10, 15].

HRA – это процесс оценивания вероятности ошибки человека в конкретной среде. Резкая положительная динамика количества появляющихся методик оценивания надёжности человека наблюдалась в начале восьмидесятых годов прошлого столетия (рисунок 1.2).

Подавляющее большинство исследователей связывает такой рост со случившейся 28 марта 1979 года аварии на американской АЭС «Three-Mile Island», которая нанесла колоссальный ущерб и в корне изменила отношение к концепции безопасности на такого рода предприятиях. Конечно, сравнение возможных последствий от происшествий в атомной энергетике и в судоходной отрасли видится вообще некорректным, но достаточно вспомнить недавнюю аварию на нефтяной платформе в Мексиканском заливе (хотя и несвязанную напрямую с судоходством, но происшедшую на просторах Мирового океана), интенсивное использование газовозов, химовозов, танкеров на морских путях, как окажется, что потенциальные последствия возможных аварий в морской индустрии сравнимы с последствиями происшествий на предпри-

ятиях, использующих ядерную энергию [10, 15].

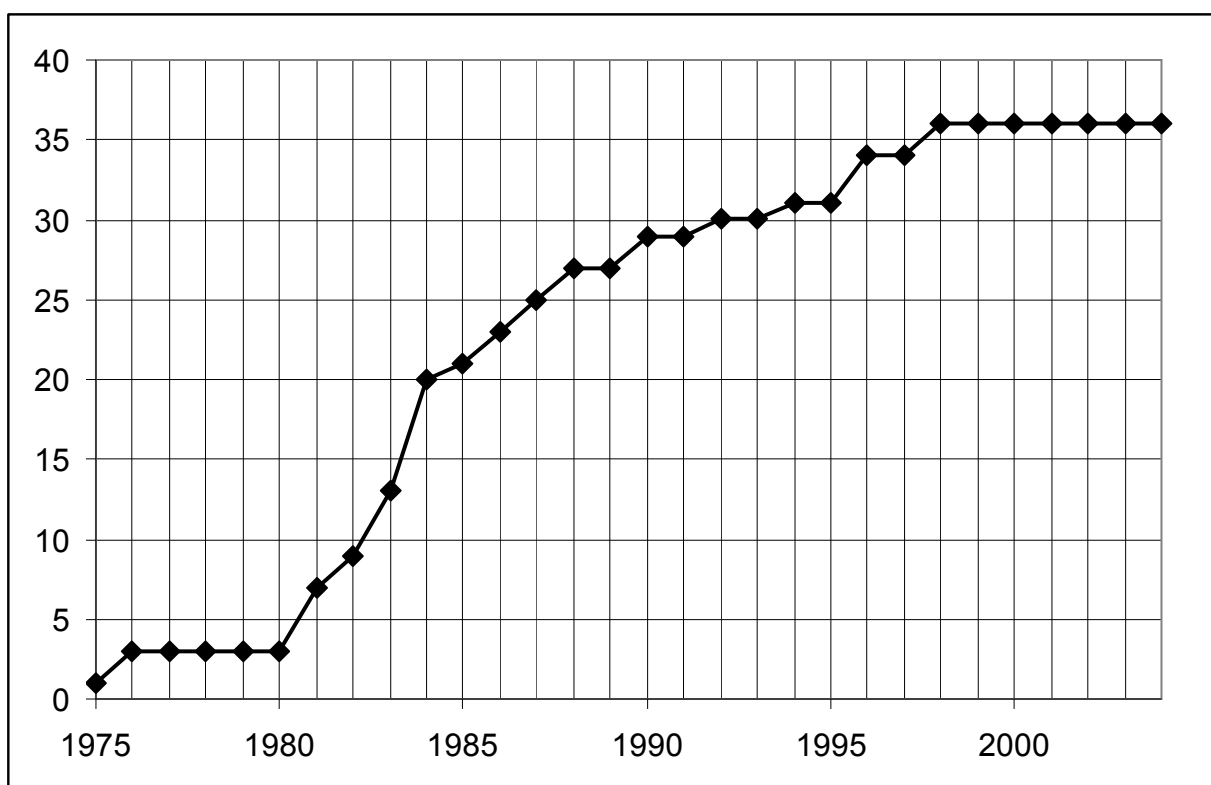


Рисунок 1.2 – Зависимость количества HRA-методик от года публикации

Вопросы человеческого фактора, анализа аварий являются предметом исследования различных научных отраслей и направлений, но HRA рассматривает эти вопросы в аспектах, свойственных только этой процедуре.

HRA имеет три основные функции: определение того, какая ошибка может случиться (идентификация ошибки человека), вычисление вероятности ошибки (квантификация ошибки человека), повышение надёжности человека посредством снижения вероятности ошибки (редукция ошибки человека).

HRA может быть использовано в целях как перспективного, так и ретроспективного анализа. Иными словами, рассматриваемый аппарат позволяет как прогнозировать вероятность ошибки человека в будущем, так и вычислить значимость (вес) ошибки человека при проведении расследования уже случившегося происшествия.

Принципы обработки информации, лежащие в основе большинства

НРА-методик, определяют человека как очень простую поведенческую систему. Видимая сложность поведения человека со временем становится отражением сложности среды, в которой человек находится. Если такой принцип принимать за основу анализа рисков и предупреждения ошибок человека, то необходимо фокусировать внимание на изменчивости среды и обстановки, а не на вероятности отказа человеческого компонента. Иными словами, отказ компонента должен быть характеристикой ситуации, а не человека. Большое количество расследований происшествий показало разработчикам НРА-методик, что вредоносные происшествия чаще являются результатом воздействия среды, инициирующей ошибки, чем результатом поведения подверженных ошибкам людей. Вследствие того, что нет большого смысла рассматривать бездействие или неудачное действие вне конкретной ситуации, и так как ситуация может рассматриваться как условие, инициирующее ошибку, которая приводит к аварии, то, по-видимому, резонно, что искомая вероятность ошибки может быть определена напрямую по характеристикам ситуации.

Западный подход к вероятностной оценке рисков изначально допускал, что оператор может быть описан теми же методами, что и машина. Так, в описании THERP [124] указывается, что «...метод использует традиционную, «техническую», трактовку надёжности, модифицированную по причине большей по сравнению с техникой нестабильности деятельности человека... Процедуры THERP аналогичны имеющимся в обычном анализе надёжности, за тем исключением, что технику здесь заменяет человек».

Рассмотрим для примера HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique – Методика оценки и подавления человеческих ошибок, впервые упомянут в 1985 году), относительно быстрый в применении и понимании универсальный способ [124].

Использование методики основано на некоторых допущениях:

- надёжность человека обусловлена типом выполняемых им задач;
- в идеальных условиях уровень надёжности максимален, то есть будет

соответствовать минимальной вероятности, принятой в рамках вероятностных ограничений;

- подобные идеальные условия практически не встречаются, прогнозируемая фактическая надёжность снижается, являясь функцией некоторой величины, называемой условно «условиями, приводящими к ошибке» (УПО).

В HEART описаны восемь основных типов задач (таблица 1.4), каждый из которых связан с вероятностью конкретной ошибки человека, и тридцать восемь УПО, затрагивающих выполнение задач (таблица 1.5).

Таблица 1.4 – Основные типы задач HEART

	Типы задач	Номинальная вероятность ошибки	Доверительный интервал (90%)
(A)	Абсолютно незнакомая задача, требующая быстроты выполнения без анализа возможных последствий	0,55	0,35-0,97
(B)	Переход (возврат) системы в новое (исходное) состояние с одной попытки при отсутствии контроля или установленных процедур	0,26	0,14-0,42
(C)	Комплексная задача, требующая обдумывания и высокого уровня мастерства	0,16	0,12-0,28
(D)	Достаточно простая задача, выполняемая быстро или с недостаточным вниманием	0,09	0,06-0,13
(E)	Рутинная быстрая задача, не требующая высокого уровня знаний и умений	0,02	0,007-0,045
(F)	Переход (возврат) системы в новое (исходное) состояние с использованием установленных процедур под небольшим контролем	0,003	0,0008 - 0,007

	Типы задач	Номинальная вероятность ошибки	Доверительный интервал (90%)
(G)	Обычная, часто выполняемая, хорошо проработанная задача, выполняемая по самым высоким стандартам хорошо тренированным опытным персоналом с наличием времени для коррекции возможных ошибок, без значительного участия техники	0,0004	0,00008 - 0,009
(H)	Реакция на происшествие в системе при наличии системы контроля (в том числе и автоматизированной) при условии правильной интерпретации состояния системы	0,00002	0,000006 - 0,0009

Таблица 1.5 – Условия, приводящие к ошибкам

1	Недооценка потенциальной важности ситуации, за исключением редко или абсолютно не встречающихся ситуаций	17
2	Отсутствие (недостаток) времени для выявления и исправления ошибок	11
3	Низкое соотношение сигнал-шум	10
4	Подавление или маскировка информации, которая обычно легко доступна	9
5	Отсутствие средств для конвертации пространственной и функциональной информации в легко усваиваемую оператором форму	8
6	Несоответствие между мировоззрением оператора и моделью мира, заложенной конструкторами	8
7	Нет очевидной возможности реверсирования непреднамеренных действий	8
8	Канал связи перегружен вследствие одновременной передачи по нему избыточной информации.	7
9	Необходимость отказаться от использования определённой техники и применить нечто, основанное на противоположных принципах	6
10	Необходимость без потерь преобразовать специальные знания для применения в выполнении задачи	5,5
11	Неопределённость в обязательных стандартах исполнения	5

12	Плохая, двусмысленная или плохо отлаженная система обратной связи	4
13	Несоответствие между ощущаемым и реальным риском	4
14	Отсутствие прямого и своевременного подтверждения со стороны частей системы, над которыми осуществляется контроль, намеренных действий оператора	4
15	Неопытность оператора	3
16	Низкое качество информации, воспринимаемой из процедур и из взаимодействия человек-человек	3
17	Слабая или не независимая проверка или испытание готовой продукции	3
18	Конфликт между общими и частным целями	2,5
19	Недостаточная информация для точного контроля	2,5
20	Несоответствие между уровнем подготовки и требованиям задач	2
21	Необходимость использования более рискованных процедур	2
22	Недостаточная возможность тренировать разум и тело в нерабочее время	1,8
23	Ненадёжный инструмент (не требует доказательств)	1,6
24	Необходимость в проведении полной экспертизы, которая находится за пределами возможностей и опыта оператора	1,6
25	Неясное распределение обязанностей и ответственности	1,6
26	Нет очевидной возможности отслеживать течение деятельности	1,4
27	Возможность превышения физических способностей	1,4
28	Небольшой смысл в выполняемой задаче, или его отсутствие	1,4
29	Эмоциональный стресс	1,3
30	Признаки болезни среди операторов, особенно, наличие высокой температуры	1,2
31	Низкий моральный дух в коллективе	1,2
32	Несовместимость процедур с фактическим порядком действий	1,2
33	Плохая или враждебная среда	1,15
34	Длительное бездействие или продолжительная цикличная низко интеллектуальная деятельность (первые полчаса)	1,1
35	Тоже (более получаса)	1,05
36	Нарушение нормальной цикличности «сон-работа»	1,1
37	Дополнительных членов команды больше, чем необходимо для нормального выполнения задачи (в случае, если для этого выполнения требуются дополнительные члены команды)	1,03
38	Возраст персонала, выполняющего задачи, которые относятся к восприятию	1,02

Минимальное (номинальное) значение вероятности человеческой ошибки умножается на максимальную сумму всех тех УПО, имеющих место при выполнении конкретной задачи.

Ключевые этапы методики включают в себя: классификацию задачи в целях анализа с отнесением её к одному из девяти типов и определение номинальной вероятности ошибки человека при выполнении этой задачи; определение УПО, которые могут влиять на выполнение задачи, и их весов; вычисление вероятности ошибки человека при выполнении задачи.

Найдём при помощи HEART вероятность ошибки человека при выполнении следующей задачи: «отдача найтовых при спуске шлюпки в ночное время на судне, терпящем бедствие» (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Пример применения HEART

Задача	Отдача найтовых при спуске шлюпки в ночное время на судне, терпящем бедствие		
Тип задачи	Переход системы в новое состояние с использованием установленных процедур (F)		
Номинальная вероятность	0,03		
Условия, приводящие к ошибкам	Общий эффект (E)	Вес (P)	Оценка эффекта
		$\Sigma \neq 1$	$(E - 1)P + 1$
2. Недостаток времени	11,00	0,10	2,00
13. Несоответствие между ощущаемым и реальным риском	4,00	0,10	1,30
17. Отсутствие независимого контроля	3,00	0,20	1,40
27. Возможность превышения физических способностей	1,40	0,05	1,02
29. Эмоциональный стресс	1,30	0,40	1,12
33. Вредоносная окружающая среда	1,15	0,50	1,08
35. Нарушение сна	1,10	0,10	1,01
Оценка вероятности ошибки	$0,03 \times 2,00 \times 1,30 \times 1,40 \times 1,02 \times 1,12 \times 1,08 \times 1,01 \approx 0,14$		



Очевидно, что взятый для примера HEART, по своей процедуре применим для оценивания надёжности человека в судоходной отрасли, при этом вопрос об уровне его адекватности остаётся открытым и подлежит более глубокому исследованию. С другой стороны, HEART, как и другие универсальные HRA-методики, по определению не может учитывать специфику морской профессии. В частности, негативное влияние окружающей среды на море имеет большее значение, чем в других отраслях. Кроме того, HRA-методики в большинстве своём делают акцент исключительно на внешней среде, предполагая, что именно она и только она определяет поведение человека, при этом не учитываются личностные характеристики.

Одним из исследуемых вариантов решения проблемы человеческого фактора в мореплавании является использование как интеллектуальных систем поддержки принятия решений, целью которых является помощь судоводителям, принимающим решение в сложных условиях плавания, так и интеллектуальных систем («искусственного интеллекта») в чистом виде, самостоятельно, лишь с минимальным участием судоводителя принимающих решение по управлению судном [2, 87, 96].

Так, Смоленцевым С.В. для уменьшения влияния человеческого фактора в процессе судовождения предложено использование интеллектуальных систем судовождения, построенных на основе динамических семантических сетей (ДСС), функционирующих параллельно судоводителю на мостике [115, 116].

Теория ДСС заключается в следующем: в основу представления знаний положена семантическая сеть, узлы которой – выполняемые в реальном времени вычислительные процессы. Каждый узел по отдельности обладает некоторой долей информации, множеством функций по обработке информации, поведением и временем жизни. Этот узел соединён различными связями с другими узлами сети. В совокупности узлы (и структура их связей) формализуют некоторые знания о конкретной предметной области. Однако, в отличие от традиционных семантических сетей, ДСС не только содержит в себе зна-

ния, но сама обрабатывает всю поступающую информацию – новые знания, запросы и т.п. Это обеспечивается работой всех узлов сети. Кроме того, поскольку каждый узел сети функционирует в реальном времени, даже при отсутствии какой-либо информации извне сети они постоянно изменяют – как себя, так и структуру своих связей. Тем самым вся сеть постоянно работает, «обобщая» и «обдумывая» свои текущие знания. ДСС обладает хорошими способностями к самообучению, но для нормального функционирования сети необходимо постоянное (или периодическое) поступление новой информации о состоянии предметной области. В противном случае (т.е. в случае отсутствия какой-нибудь информации извне) динамическая сеть начинает «забывать» содержащиеся в ней знания и постепенно деградирует.

Шерстюк В.Г. и Бень А.П. в 2008 году предложили структуру и принцип работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению судном в особых условиях плавания «Бриз», в основе которой лежат сценарно-прецедентные модели принятия решений. Предложенная интеллектуальная система поддержки принятия решений представляет собой гибридную интеллектуальную систему, имеющую подсистемы рассуждений на основе прецедентов, на основе правил и на основе моделей [123].

Очевидно, что интеллектуальные системы имеют широкие перспективы в судовождении в силу их однозначно позитивного влияния на безопасность мореплавания. Однако здесь необходимо отметить несколько существенных моментов.

Во-первых, полностью вытеснить судоводителя с мостика, максимально смоделировав его оптимальные мыслительные процессы, в ближайшем будущем эти системы вряд ли смогут.

Во-вторых, решение проблемы человеческого фактора посредством применения интеллектуальных систем является «оперативным», то есть осуществляется путём «удаления», а не «исправления» источника проблемы (то есть человека).

В-третьих, использование интеллектуальных систем поддержки приня-

тия решения могут лишь завуалировать проблему человеческого фактора, так как сам человек со своим комплексом индивидуальных качеств не меняется. Вместе с тем, можно предположить и отрицательное влияние таких систем на судоводителя, который, привыкнув доверять системе, разучится думать и принимать адекватные решения даже в самых простых ситуациях.

В-четвёртых, интеллектуальные системы – это своего рода саморегулирующие технические средства и математические методы, используемые с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования и передачи информации, либо существенного уменьшения степени этого участия, то есть являются элементами автоматизации когнитивных процессов. Следовательно, здесь можно говорить о снижении риска в мореплавании за счёт технической, а не человеческой составляющей.

Таким образом, развитие интеллектуальных систем в судовождении должно одновременно сопровождаться использованием и совершенствованием методов оперативного учёта и междурейсовой психологической коррекции личностных качеств судоводителя, влияющих на безопасность мореплавания (иначе – методов регулирования человеческого фактора).

### 1.5 Навигационная безопасность в системе безопасности мореплавания

Авторы различных научных публикаций, касающихся безопасности в судоходной отрасли, по-разному трактуют термин «безопасность мореплавания», при этом нередко сужая его. Так, например, Бякишев К.А. и Сидорченко В.Ф. практически определяют безопасность мореплавания как охрану человеческой жизни на море [5]. Однако нетрудно доказать, что это понятие имеет более широкие границы.

В настоящее время под мореплаванием необходимо понимать не только и не столько «плавание на судне по морям» или «искусство судовождения», как представлено, например, в [113], а всю деятельность человека на морских пространствах с использованием судов и направленная на решение раз-

личных задач и достижения определённых целей (экономических, научных и т.п.). От этого определения и необходимо отталкиваться при дефиниции понятия «безопасность мореплавания».

Мореплавание, как деятельность человека, обладает свойством множественности объектов. К таковым относятся и суда, и природная (морская) среда (причём как в качестве экосистемы, так и в качестве совокупности судоходных путей, включая искусственные сооружения, обеспечивающие их функционирование), и даже люди (например, пассажиры). Субъектом этой деятельности является, естественно, сам человек. Таким образом, безопасность мореплавания – понятие комплексное, включающее в себя четыре взаимосвязанные составляющие, представленные на рисунке 1.3.

Обратимся далее к понятию «безопасность». Из всего множества определений слова «безопасный», представленных в литературе, наиболее подходящим по отношению к мореплаванию и его элементам (субъекту и объектам) можно считать следующие [112]: «защищенный, огражденный от опасности» и «не грозящий опасностью для кого-нибудь, кому-нибудь; безвредный». Тогда составляющие безопасности мореплавания, представленные на рисунке 1.3, будут определяться следующим образом.

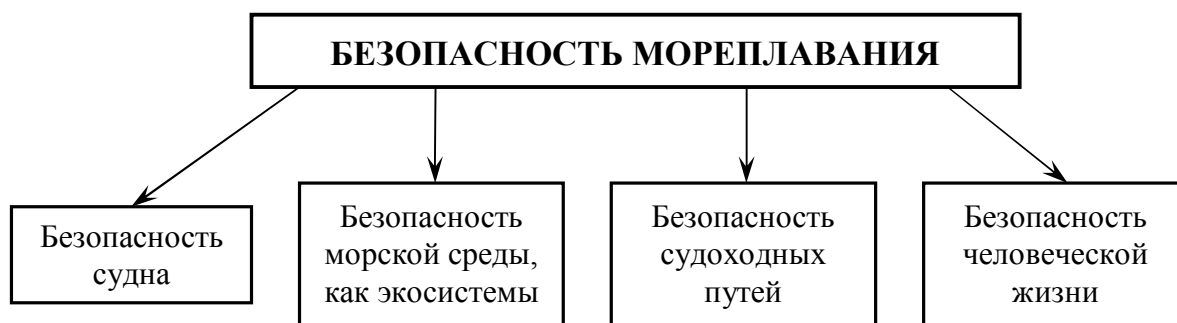


Рисунок 1.3 – Общая структура понятия «безопасность мореплавания»

Безопасность судна – свойство мореплавания, как деятельности человека, заключающееся в защищённости судна от воздействия опасных факторов, негативно влияющих на его мореходные качества.

Безопасность морской среды, как экосистемы – свойство мореплавания,

как деятельности человека, заключающееся в защищённости морской среды от загрязнений с судов, как эксплуатационных, так и аварийных.

Безопасность судоходных путей – свойство мореплавания, как деятельности человека, заключающееся в защищённости морской инфраструктуры от воздействия опасных факторов.

Безопасность человеческой жизни – свойство мореплавания, как деятельности человека, заключающееся в защищённости жизни и здоровья людей при осуществлении этой деятельности.

Таким образом, под безопасностью мореплавания необходимо понимать такое свойство мореплавания как деятельности человека, которое заключается в защищённости судна, природной среды, человеческой жизни и объектов морской инфраструктуры от негативного влияния опасных факторов, сопутствующих мореплаванию.

Рассмотрим подробнее безопасность судна, являющуюся, в свою очередь, так же многокомпонентным понятием, структура которого представлена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура понятия «безопасность судна»

Вполне обоснованно принято считать, что на борту судна судоводитель постоянно решает две взаимосвязанные задачи – расчёт целенаправленного, наивыгоднейшего с точки зрения выполнения судном рейсового задания и

безопасного в навигационном отношении пути судна, а также контроль действительного местоположения судна и его фактических элементов движения. Иными словами, в процессе своей работы судоводитель должен обеспечивать именно навигационную безопасность судна.

Оставаясь при определении, данном выше понятию «безопасность судов», перечислим те опасные факторы, негативное влияние которых должен предупреждать судоводитель, обеспечивая навигационную безопасность. К таковым относятся: гидрометеорологические факторы, район плавания (зоны открытого моря, прибрежного и стеснённого плавания), глубина моря (мелководье), наличие надводных или подводных препятствий, обеспеченность района плавания средствами навигационного оборудования, ледовая обстановка, обледенение судна, плотность и интенсивность движения судов в районе плавания, факторы «своего судна» (его скорость, размеры, водоизмещение). Пренебрежение негативным влиянием этих факторов может привести к навигационной аварии – столкновению с другим судном, посадке на мель и т.д.

Таким образом, при исследовании сегмента проблемы влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания, связанного с процессом судовождения и судоводителями, можно ограничивать понятие «безопасность мореплавания» навигационной безопасностью [42].

## 1.6 Выводы по первой главе

1. Концепция управления риском чрезвычайных ситуаций, успешно реализованная во многих отраслях, в морской индустрии пока получила только фрагментарное развитие. Однако взаимный потенциал этой концепции и института управления безопасной эксплуатацией судов позволяют формировать общую методологическую базу для управления риском ЧС на морских судах, являющихся потенциально опасными объектами.

2. В результате анализа множества существующих определений понятия

«человеческий фактор» сформулировано определение понятия «человеческий фактор в судовождении», под которым далее следует понимать совокупность профессиональных, психофизиологических, психологических и социальных характеристик судоводителя, обуславливающих отличие его действий и решений от «идеальных» в конкретных условиях плавания.

3. В деятельности мирового морского сообщества (в первую очередь, в лице ИМО) отдан приоритет исследованию и учёту человеческого фактора, сформулирована мощная идеология человеческого фактора, однако единственным нормативным документом, регламентирующим оценку человеческого фактора, является Руководство, принятое резолюцией А.884.

4. Указанное Руководство предназначено только для апостериорной качественной оценки, то есть даёт возможность по результатам анализа уже случившегося происшествия (морской аварии или инцидента) дать словесное описание характера «человеческой составляющей» происшествия с целью дальнейшего анализа и совершенствования правил и алгоритмов действия. Вместе с тем ни в этом, ни в каком-либо ином документе ИМО не содержатся методы априорной (так же как и количественной) оценки влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания, необходимые как для осуществления превентивных организационных мероприятий в целях безопасности мореплавания, так и для идентификации границ индивидуальных способностей определённого члена экипажа в конкретной ситуации и, следовательно, для создания индивидуальных планов подготовки судоводителей и других членов экипажа к действиям в экстремальных ситуациях на море.

5. Ни один из множества предложенных отраслевых или универсальных методов количественной оценки и учёта влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания не нашёл применения на практике вследствие своей недоработанности и иных выявленных недостатков.

6. При исследовании сегмента проблемы влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания, связанного с процессом судовождения и судоводителями, необходимо ограничить понятие «безопасность мореплава-

ния» навигационной безопасностью, то есть безопасностью судна как управляемого подвижного объекта.

7. Заявленный в формулировке цели исследования представляет собой часть процедуры анализа риска, а результаты ее применения могут быть положены в основу прогнозирования чрезвычайных ситуаций и использованы для выработки решений по снижению риска. Проведенный анализ подтверждает актуальность цели исследования, итог которого представляется одним из частных решений глобальной и комплексной проблемы учета человеческого фактора, которая имеет место быть в управлении риском ЧС.



## **2 Теоретико-методологические основы управления риском чрезвычайных ситуаций при морском судовождении**

### **2.1 Управляемый подвижный объект «морское судно» как элемент Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций**

В Российской Федерации с целью, определяемой своим названием, создана и функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Российская система предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях, РСЧС), которая представляет собой объединение органов управления, сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации органов местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий (акваторий) от чрезвычайных ситуаций, в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах [20, 121]. Система имеет пять уровней: федеральный, региональный, территориальный, местный и объектовый.

Функционирование РСЧС предусматривает три режима: повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайный. Под режимом функционирования в [20] понимается «...порядок функционирования РСЧС, предусматривающий деятельность её органов руководства и повседневного управления, вспомогательных и обслуживающих служб и учреждений, сил и средств с учётом обстановки, связанной с риском возникновения чрезвычайной ситуации и её ликвидацией на территории России» [20, с. 3]. В Федеральном законе [121] эта дефиниция выглядит несколько иным по форме и таким же по существу образом – «определяемые в зависимости от обстановки, прогнозирования угрозы чрезвычайной ситуации и возникновения чрезвычайной ситуации порядок организации деятельности органов управления и сил Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрез-

вычайных ситуаций и основные мероприятия, проводимые указанными органами и силами в режиме в режиме повседневной деятельности, при введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации» [121].

Таким образом, режим функционирования РСЧС определяется вероятностью или фактом возникновения чрезвычайной ситуации. Чрезвычайный режим вводится непосредственно при возникновении ЧС. Режим повышенной готовности объявляется при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации или при получении прогноза о вероятности её возникновения. Режим повседневной деятельности характерен для нормальной производственно-промышленной деятельности и подразумевает отсутствие угроз возникновения чрезвычайной ситуации.

Капитан морского судна, судовые силы (включая экипаж) и средства являются звеном РСЧС, а само морское судно – элементом этой системы объектового уровня [41].

Особенности морского судна, как управляемого подвижного объекта (т.е. в контексте только навигационной безопасности) заключаются в том, что в процессе перехода морем причины для введения режима повышенной готовности встречаются намного чаще, чем в случае многих других, неморских объектов. Как таковой этот режим не объявляется по судну прямым текстом или документом, но подразумевается при плавании судна в условиях, называемых, как правило, особыми.

Под плаванием судна в особых условиях понимается плавание [84]:

- при ограниченной видимости;
- в районе со стеснёнными условиями, при подходе к порту и выходе из порта;
- в районе действия системы управления (регулирования) судов;
- установленными путями; в системе разделения движения судов;
- во льдах;
- в штормовых условиях;
- оптимальными маршрутами в океане.

Очевидно, что особые условия плавания (а, следовательно, режим повышенной готовности) занимают довольно значительный временной сегмент в процессе эксплуатации судна. При этом условия плавания, не относящиеся к особым, обуславливают режим повседневной деятельности.

Идентификация условий плавания как особых основывается исключительно на приведённом выше качественном описании и интуитивном сопоставлении этого описания с фактическими условиями плавания. Тем же интуитивным образом определяется необходимость изменения режима функционирования. Вместе с тем представленное выше понятие «экстремальность ситуации» даёт возможность количественно установить границу между режимом повседневной деятельности и режимом повышенной готовности.

Объявление по судну общесудовой и иных судовых тревог одновременно означает введение режима чрезвычайной ситуации. Однако в настоящем исследовании акцент сделан на предупреждение ЧС, вследствие чего этот режим функционирования судна как элемента РСЧС объектового уровня в работе практически не рассматривается.

Плавание судна в особых условиях предполагает выполнение некоторого обязательного перечня действий (отражаемых, как правило, в специальных «чек-листах»), который в терминах ГОСТ Р 22.0.09-95 [21] можно определить как «подготовку морского объекта к чрезвычайным ситуациям» [41]. Эта подготовка заключается в «...проведении заблаговременных организационных технических и специальных мероприятий на морском (речном) объекте с целью обеспечения его работы с учётом риска возникновения источников чрезвычайной ситуации на акваториях, противостоянию их поражающим факторам и воздействиям, создания условий для предотвращения аварий и катастроф, предотвращения и уменьшения угрозы жизни и здоровью экипажа и пассажиров морского (речного) объекта и проживающего вблизи населения, а также проведения неотложных работ по поиску и спасанию людей» [21].

Подготовка морского объекта к чрезвычайным ситуациям является ча-

стью более общего понятия – «подготовка к чрезвычайным ситуациям на акваториях», под которой понимается «...проведение заблаговременных мероприятий по созданию на море и внутренних водных бассейнах России или на потенциально опасных морских (речных) объектах условий для защиты людей и материальных ценностей от поражающих воздействий чрезвычайной ситуации, а также для обеспечения эффективных действий органов управления, сил и средств поиска и спасания на акваториях по ликвидации на морях и внутренних водных бассейнах России чрезвычайных ситуаций» [21].

Исходя из этого определения для морского судна, как управляемого подвижного объекта, подготовкой к чрезвычайным ситуациям необходимо считать комплекс предусмотренных специальными нормативными документами заблаговременно проводимых штурманской службой организационных и инженерно-технических мероприятий по подготовке судна к плаванию в особых условиях, направленных на обеспечение безопасности экипажа, судна, груза и окружающей среды.

Так, например, при подходе к району с ограниченной видимостью вахтенный помощник капитана должен выполнить следующий комплекс мероприятий, предусмотренных п. 4.2.2 НШСР-86 [84]:

- своевременная подача туманных сигналов и движение судна с безопасной скоростью согласно МППСС-72;
- доклад капитану об ухудшении видимости и снижении скорости;
- определение места судна наиболее точным способом;
- переход с автоматического управления рулевым устройством на ручное и т.д.

В свою очередь, подготовка к чрезвычайным ситуациям вместе с профилактикой возникновения источников чрезвычайных ситуаций как самостоятельные части понятия «предотвращение ЧС» составляют институт предупреждения чрезвычайных ситуаций, т.е. «комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение

здоровья людей, снижение ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения» [20, 121].

Предотвращение чрезвычайных ситуаций – это «...комплекс правовых, организационных, технических и специальных мероприятий, направленных на организацию наблюдения и контроля за состоянием окружающей природной среды и потенциально опасных (морских) речных объектов, прогнозирование и профилактику возникновения источников чрезвычайной ситуации, а также на подготовку к чрезвычайным ситуациям на акваториях».

К правовым мероприятиям, направленным на обеспечение навигационной безопасности судна и предотвращение чрезвычайных ситуаций с источником в виде навигационной аварии, относится регулирование процесса судовождения и деятельности судовой штурманской службы различными международными, национальными, локальными (корпоративными и судовыми) нормативно-правовыми актами такими, как МППСС-72, НШСР-86 и т.д.

Организационные мероприятия по предотвращению ЧС с источником в виде навигационной аварии представляют собой рациональное (как с точки зрения качества, так и количества) комплектование штурманской службы судна, эффективное руководство и распределение ресурсов при несении ходовой навигационной вахты и т.д.

Инженерно-технические мероприятия по предотвращению ЧС включает комплектование судов надлежащим (т.е. предусмотренным Конвенцией СОЛАС [78]) перечнем исправного навигационного оборудования, характеристики которых удовлетворяют требованиям ИМО и эффективное использование этого оборудования применительно к конкретной навигационной ситуации.

Определение «профилактика» относится к источникам ЧС антропогенного характера. При рассмотрении судна как управляемого подвижного объекта таковым, в первую очередь, является навигационная авария, антропогенный характер которого определяется влиянием человеческого фактора на навигационную безопасность судна. В таком случае недопущение и устране-

ние предпосылок навигационной аварии как источника ЧС обеспечивается надлежащей (т.е. соответствующей Кодексу ПДНВ) подготовкой штурманского состава судна. Вместе с тем, кроме приобретения знаний, умений и навыков судоводитель должен проходить психологическую подготовку, а его стрессоустойчивость и адекватность поведения в конкретных навигационных ситуациях должны подлежать постоянному мониторингу.

Кроме этого к профилактике необходимо также отнести меры по техническому и непосредственному контролю дееспособности вахтенного помощника капитана и экстремальности ситуации непосредственно при несении ходовой навигационной вахты с целью своевременной инициации мероприятий по недопущению навигационной аварии.

Таким образом, под предупреждением чрезвычайных ситуаций при эксплуатации морского судна как управляемого подвижного объекта необходимо считать комплекс заблаговременных организационных, инженерно-технических и иных мер по подготовке, профилактике и предотвращению ЧС (в представленном выше смысле), направленных на уменьшение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и на элиминацию угроз экипажу, судну, грузу и окружающей среде [41].

## 2.2 Общие принципы оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна

В основе грамотного и успешного в отношении конечного результата проектирования любой методики лежит строгое следование базовым принципам, сформулированным при анализе проблемы, для решения которой методика создается. Таким образом, одним из первых этапов обоснования алгоритма количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна является формирование «кодекса принципов», т.е. совокупности законов и правил, содержащих требования к процедуре оценки и ее результату.

Любой процесс, явление, объект вне зависимости от сложности их структуры гипотетически можно описать методами математики (математической моделью), т.е. представить в виде уравнений (систем уравнений), результат решения которых при конкретных (начальных) условиях будет однозначно и точно характеризовать состояние процесса, явления, объекта на заданный момент времени.

Реализация такого аналитического описания в отношении сложных объектов или процессов требует привлечения аргументов (элементов), подлежащих количественной оценке. Очевидно, что обоснованное увеличение числа элементов ведёт к повышению валидности и адекватности математической модели вплоть до абсолютных валидности и адекватности, которые могут наблюдаться при стремлении числа аргументов к бесконечности. Только в таком случае будет возможно долгосрочное прогнозирование поведения объекта или состояния процесса, но практически невозможно обеспечить достаточное количество ресурсов для решения уравнений.

Одновременно уменьшение числа аргументов, очевидно снижая валидность и адекватность модели и сводя ее к уровню примитивизма, делает возможным оперативную оценку состояния объекта по малочисленному множеству легко наблюдаемых и определяемых тривиальных величин. Именно так построены описанные выше методики Митрофановой Н.В. [80] и Туркина В.А. [119].

Вместе с тем, одновременное достижение валидности, адекватности и простоты при обосновании математической модели поведения человека в конкретной производственной динамичной среде не представляется возможным.

Таким образом, первый принцип количественной оценки человеческого фактора и его учёта в судовождении можно сформулировать следующим образом – *рациональное соотношение простоты и валидности (адекватности) метода оценки.*

Однако причиной стремления авторов большинства современных мето-

дов оценки человеческого фактора и его влияния на безопасность производственных процессов к минимизации аргументов является не только и не столько ограниченность вычислительных ресурсов. В первую очередь, примитивизм методов объясняется малой (по отношению к абсолютной) изученностью объекта оценки – человека и его поведения в производственной среде. Использование при оценивании человека аналогий с техническими системами, как это, например, это сделано во многих HRA-методиках [124], недопустимо. Подобные аналогии обоснованы только в отношении сходных систем (объектов) с одинаковыми свойствами, а в случае HRA-методик имеет место только «кажущаяся аналогия», т.е. практически произвольная подмена отсутствия знаний об объекте-человеке некоторыми знаниями об объекте – технической системе, обусловленная кажущейся схожестью цели оценивания (например, получение вероятности отказа). Вместе с тем, игнорирование при оценке человеческого фактора известных науке психологических и физиологических аспектов деятельности человека приведёт к методическому занижению вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, тем более что указанные аспекты имеют строго индивидуальный характер.

Изложенное даёт возможность выделить еще три принципа количественной оценки – *принцип соблюдения границ знаний об объекте, принцип обязательности учёта психологических и физиологических аспектов и принцип индивидуальности*. Последний, кроме всего прочего, запрещает переносить результаты оценки с одного объекта на другой.

Различная среда по-разному инициирует у одного и того же судоводителя психические процессы, лежащие в основе принятия решения. Таким же образом одна и та же среда приводит к различному поведению разных судоводителей. Следовательно, какая-либо «изолированная» от внешней среды (навигационной ситуации) количественная оценка «человеческого фактора» не может быть отождествлена с оценкой его влияния на навигационную безопасность плавания судна. Однако такую «изолированную» оценку допустимо использовать в качестве исходных данных для оценки влияния, методика ко-



торой должна рассматривать судоводителя (т.е. человеческий фактор) и внешнюю среду (навигационную ситуацию) как систему. Таким образом, еще одним принципом количественной оценки человеческого фактора и его учёта в судовождении является *принцип системности*.

Задача, в процессе решения которой есть необходимость оценивать человека и его поведение, не подлежит «чистой», свободной от субъективизма математической формализации. В подобных случаях теория принятия решения предлагает использовать методы экспертного оценивания, под которыми понимают «комплекс логических и математико-статистических методов и процедур, направленных на получение от специалистов информации, необходимой для подготовки и выбора рациональных решений» [7].

Сущность метода экспертного оценивания заключается «...в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов» [25]. Полученное обобщенное мнение экспертов в итоге и принимается как решение слабо формализуемой задачи. Совокупность знаний экспертов, их интуиции (неосознанного мышления), логического мышления, на основе которых эксперты в процессе оценивания выполняют две функции – формируют объекты и производят измерение их характеристик, а также количественных оценок с их формальной обработкой позволяет сделать это субъективное решение наиболее приемлемым из всех возможных, т.е. оптимальным.

Таким образом, в число принципов количественной оценки человеческого фактора и его учёта в судовождении необходимо включить *принцип допустимости экспертного оценивания*.

Очевидно, что в современном морском судоходстве, где компетентность специалистов из плавсостава строго регулируется Конвенцией ПДНВ и постоянно контролируется надзорными органами, нонсенсом является появление на мостике судоводителя, знания и умения которого не позволяют ему выполнять обязанности вахтенного помощника. Следовательно, компетентность судоводителя в той части, которая касается его знаний и умений, не

может быть использована при оценивании влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна в качестве детерминирующего элемента. Однако это правило не касается опыта судоводителя, т.е. его профессиональных навыков, вырабатываемых на протяжении всей карьеры.

Аналогичное правило можно сформулировать и в отношении здоровья судоводителя, которое обязывает игнорировать при оценивании различные заболевания, изначально являющиеся противопоказаниями к профессиональной деятельности судоводителя (в том числе и алкоголизм). Очевидно, что в процессе медицинского освидетельствования не все ограничения по здоровью могут быть выявлены – тому свидетельство имеющиеся в мировой практике случаи смерти судоводителей непосредственно при выполнении обязанностей вахтенных помощников. Вместе с тем эти ограничения тем более не могут быть выявлены в процессе оценивания.

В промежуточном итоге еще одним принципом количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна становится *принцип презумпции компетентности и здоровья судоводителя*.

Любая методика, т.е. «фиксированная совокупность приемов практической деятельности, приводящей к заранее определенному результату» [88], должна в итоге представлять этот результат в форме, которая не ограничивает его восприятие и не создает препятствий для формулирования выводов, т.е. форма представления результата применения методики должна быть прозрачной и читаемой. В этом заключается сущность *принципа практической применимости результата*.

Кроме того, в числе требований к методике количественной оценки влияния человеческого фактора на безопасность плавания судна должна присутствовать возможность определения ответных мер для уменьшения этого влияния. Тогда и только тогда указанная методика будет представлять собой более значимый для управления ЧС инструментарий – методику регулирования человеческого фактора в процессах судовождения.

Так как речь идет о количественной оценке, то наиболее оптимальной здесь видится форма представления, свойственная величинам с вероятностным смыслом, т.е. от 0 до 1. Вместе с тем, методика должна содержать в себе алгоритм перевода количественной оценки в качественную.

Таким образом, процедура количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна должна основываться на следующих принципах:

- принцип рационального соотношения простоты и валидности (адекватности) метода оценки;
- принцип соблюдения границ знаний об объекте;
- принцип обязательности учёта психологических и физиологических аспектов;
- принцип индивидуальности;
- принцип системности;
- принцип допустимости экспертного оценивания;
- принцип презумпции компетентности и здоровья судоводителя;
- принципа практической применимости результата.

Представленный перечень не является исчерпывающим, однако он содержит основные правила составления метода количественной оценки, следование которым должно максимально способствовать получению эффективного инструментария по учету человеческого фактора в судовождении.

## 2.3 Навигационная авария как источник чрезвычайной ситуации

### 2.3.1 Содержательный анализ понятия «чрезвычайная ситуация».

#### Признаки чрезвычайной ситуации

Наличие строгого и четкого определения понятия «чрезвычайная ситуация», которое по совокупности признаков дает возможность идентифицировать конкретное явление действительности именно как ЧС, имеет большое

значение для различных сфер деятельности человека. Так, отнесение ситуации к чрезвычайной дает право уполномоченным органам расходовать резервные фонды бюджетов на предупреждение и ликвидацию ЧС [122].

В отношении судоходства интеграция терминологии ЧС и безопасности мореплавания, методов исследований в этих областях может стать устойчивым базисом для обоснования эффективных процедур, касающихся управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии [13].

К настоящему времени терминологические исследования, касающиеся чрезвычайных ситуаций, привели к появлению объемного множества определений. Все существующие дефиниции можно разделить на официальные (т.е. закрепленные нормативно-правовыми актами) и доктринальные (научные). Так же можно выделить в отдельную большую группу обыденные (интуитивные) определения, которые формулируют лица, не имеющие отношения к научно-исследовательской или практической деятельности, связанной с предупреждением и ликвидацией ЧС, исходя из своего понимания этимологии словосочетания «чрезвычайная ситуация» [13].

Одним из первых опытов лингвистической формализации исследуемого понятия является определение профессора Порфирьева Б.Н., согласно которому чрезвычайная ситуация – это «...внезапно неожиданная, внезапно возникшая обстановка, характеризующаяся неопределенностью и сложностью принятия решения, остроконфликтностью и стрессовым состоянием населения, значительными человеческими жертвами, социально-экономическим и экологическим ущербом и вследствие этого необходимостью крупных людских, материальных и временных затрат на проведение эвакуационно-спасательных работ и ликвидацию многообразных негативных последствий (разрушений, пожаров и т. д.)» [98]. Эта и ряд других дефиниций легли в основу первых официальных определений понятия «чрезвычайная ситуация».

В настоящее время действующее официальное определение содержится в Федеральном законе от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техноген-

ного характера» [121], а также в государственном стандарте Российской Федерации «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий» (ГОСТ Р 22.0.02-2016 [20]). Формулируется это определение следующим образом: «чрезвычайная ситуация – обстановка на определённой территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [20, 121].

Государственный стандарт Российской Федерации «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Чрезвычайные ситуации на акваториях. Термины и определения» (ГОСТ Р 22.0.09-95 [21]) даёт схожее, но прикладное для водной акватории и мореплавания определение чрезвычайной ситуации, под которым в указанном ГОСТ понимается «...состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей и мореплавания, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, морским (речным) объектам, водной флоре и (или) фауне на море или внутреннем водном бассейне» [21].

Исходя из представленных официальных определений, можно сделать вывод о существовании трех признаков ЧС: наличие источника (аварии, природного явления и пр.), наличие или угроза появления его негативных последствий, т.е. вреда (ущерба), а также реальное или потенциальное нарушение нормальных условий деятельности.

Под источником чрезвычайной ситуации ГОСТ 22.0.02-2016 указывает понимать «...опасное техногенное происшествие, аварию, катастрофу, опасное природное явление, стихийное бедствие, широко распространённую болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация» [20]. Перечень источников ЧС, перечисленный в ГОСТ Р 22.0.09-95 входит не просто ава-

рия, а «авария на морском (речном) объекте» (морские суда являются морскими объектами), т.е. «опасное техногенное происшествие на морском (речном) объекте, представляющее угрозу жизни и здоровью людей, приводящее к повреждению корпуса морского (речного) объекта или его оборудования, к потере мореходности или к повреждению морским речным объектом берегового сооружения и загрязнению окружающей природной среды, для ликвидации или локализации которой требуется помощь поисково-спасательных и других спасательных сил и средств» [21].

В следующих трех пунктах ГОСТ Р 22.0.09-95 даются более конкретные определения нескольким видам аварий, которые рассматриваются обобщенно как навигационные.

Столкновение морских (речных) объектов – это «...сближение морских объектов до физического контакта между ними, сопровождающееся причинением ущерба этим объектам, их техническим средствам, грузу, экипажу и пассажирам» [21]. В свою очередь, под столкновением морского (речного) объекта с преградами в стандарте понимается «... соударение морского (речного) объекта со стационарными береговыми сооружениями, сопровождающееся причинением ущерба морскому объекту, его техническим средствам, грузу, экипажу и пассажирам, а также береговым сооружениям» [21].

И третьей разновидностью навигационной аварии по ГОСТ Р 22.0.09-95 считается посадка судна на мель, т.е. «...навигационное происшествие, заключающееся в непредвиденной остановке судна вследствие касания грунта или подводного препятствия днищем или его частью при глубине, меньшей или равной осадке судна» [21].

Крупную аварию с гибелью людей указанный стандарт определяет как катастрофу, а в случае гибели судна (включая его полное конструктивное разрушение) – как кораблекрушение.

Вместе с тем, строгое, формальное и исключительное следование официальному определению дает право отнести к чрезвычайной ситуации любую обстановку, сложившуюся вследствие даже незначительного происше-

ствия с минимальным ущербом – например, навал рыболовного траулера при швартовке в открытом море к борту рефрижератора или плавбазы, в результате которого повреждены кранцы и леера, а несколько членов экипажа получили ушибы.

Таким образом, источник ЧС должен не только быть из перечня, представленного в определении, но и, следуя этимологии словосочетания «чрезвычайная ситуация», обладать свойством исключительности, быть редким и необычным. Так, описанная выше ситуация с навалом не является большой редкостью при перегрузке рыбопродукции в открытом море, а вот вероятность столкновения судов, идущих пересекающимися курсами, по различным оценкам варьируется от  $6,83 \cdot 10^{-5}$  до  $6,00 \cdot 10^{-4}$  [130].

Чрезвычайную ситуацию можно и нужно считать таковой, если только причиненный возникновением источника вред (имущественный или неимущественный) является существенным, значительным, а угроза его возникновения явной, реальной и осуществимой в ближайшее время. Так же значительным должно быть и нарушение нормальных условий деятельности, но основным критерием наличия этого признака все-таки необходимо считать продолжительность его существования.

Вместе с тем, чрезвычайность источника ЧС, существенность вреда, реальность его угрозы, продолжительность нарушения нормальных условий деятельности – категории качественные, требующие для идентификации признаков чрезвычайной ситуации наличия каких-либо количественных порогов. Российское законодательство, регулирующее правоотношения в области предупреждения и ликвидации ЧС, содержит ряд норм, устанавливающих указанные пороги. Так, Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [99] относит к локальным ЧС такие, в результате которых зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта, количество пострадавших не превышает 10 человек либо размер материального ущерба составляет не более 100 тыс. рублей. Однако это Постановление не

предусматривает минимальных порогов для локальных ЧС, т.е. используя официальную классификацию невозможно провести четкую границу между чрезвычайной ситуацией и другими явлениями действительности.

### 2.3.2 Понятие «авария» при расследовании морских аварий и инцидентов

В настоящее время как на международном, так и на национальном уровне существует и успешно функционирует институт расследования морских аварий и инцидентов, который имеет среди прочих особенностей и свою терминологию. Основным международным нормативно-правовым документом, устанавливающим основные принципы расследования, является Кодекс международных стандартов и рекомендуемой практики расследования аварии или инцидента на море (Кодекс расследования аварий, далее – Кодекс) [62], который был принят в 2008 году резолюцией MSC.255(84) Комитета по безопасности мореплавания ИМО. Целью процедуры расследования Кодекс определяет не распределение вины и установление ответственности, а предотвращение аварий и инцидентов на море в будущем.

Согласно Кодексу «авария на море означает событие или последовательность событий, результатом которых является любое из ниже перечисленного, произошедшего в непосредственной связи с эксплуатацией судна: гибель человека или серьезное телесное повреждение; потеря человека с судна; гибель, предполагаемая гибель или оставление судна; повреждение судна; посадка судна на грунт или лишение его возможности движения или участие в столкновении; повреждение морской инфраструктуры вне судна, которое может серьезно угрожать безопасности самого судна, другого судна или отдельного лица; серьезный ущерб окружающей среде или возможный серьезный ущерб окружающей среде, вызванный повреждением судна или судов» [62].

Отдельно от аварии Кодекс рассматривает инцидент на море, под которым подразумевается «...событие или последовательность событий, иных



чем авария на море, произошедших в непосредственной связи с эксплуатацией судна, которые угрожали или, не будучи предотвращены, могли бы угрожать безопасности судна, людей на судне либо любого иного лица или окружающей среды» [62].

Среди аварий Кодекс выделяет «очень серьезную аварию на море», т.е. «...аварию, повлекшую за собой полную гибель судна или смерть человека либо причинившую серьезный ущерб окружающей среде» [62].

Частью терминологии Кодекса являются качественные определения, касающиеся негативных последствий. Так, существенный ущерб в отношении аварии на море означает «повреждение, которое значительно ухудшает конструктивную целостность, работу или эксплуатационные характеристики морской инфраструктуры или судна, и требует существенного ремонта или замены существенного компонента или компонентов; или разрушение морской инфраструктуры или судна». Серьезное телесное повреждение Кодекс определяет как «полученное лицом телесное повреждение, в результате которого это лицо стало нетрудоспособным на период времени свыше 72 часов, начинающийся в течение семи дней со дня получения телесного повреждения» [62]. И, наконец, согласно Кодексу серьезным ущербом окружающей среде является такой ущерб, который, согласно оценке затронутых государств или государства флага, в зависимости от случая, привел к существенному вредному воздействию на окружающую среду» [62].

Очевидно, что понятие «очень серьезная авария» включает в себя кораблекрушение и катастрофу – термины, определенные в ГОСТ Р 22.0.09-95.

В Российской Федерации процедура и принципы расследования регламентируются Положением о расследовании аварий или инцидентов на море, утвержденным 8 октября 2013 г. приказом № 308 Минтранса России (ПРАИМ-2013) [101]. В отличие от Кодекса ПРАИМ объединяет все аварии и инциденты термином «аварийный случай», однако в остальном классификация остается прежней с некоторыми особенностями дефиниций.

Так, инцидент в ПРАИМ-2013 определяется следующим перечнем последствий: повреждение судна без потери мореходных качеств; посадка судна на мель и нахождение судна на мели 24 часа и менее, смещение перевозимого судном груза, не приведшее к потере мореходных качеств судна; лишение возможности движения судна 24 часа и менее; намотка сетей (снастей, тралов) на гребной винт (винты) или руль; вызванное повреждением судна загрязнение окружающей среды, в том числе разлив нефти или нефтепродуктов ниже уровня, отнесенного к чрезвычайной ситуации в соответствии с Указаниями по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийных разливов к чрезвычайной ситуации (утверждены 3 марта 2003 г. приказом № 156 Минприроды России, далее – приказ № 156) [101].

Аварийный случай считается в соответствии с ПРАИМ-2013 аварией, если имели место: гибель человека, тяжкий вред здоровью, потеря человека с судна, повреждение судна (утрата мореходных качеств, создание препятствий производственной деятельности в связи с появлением мореходных ограничений); смещение перевозимого судном груза или изменение физико-химических свойств перевозимого судном груза, приведшее к утрате мореходных качеств судна; посадка судна на мель и его нахождение на мели более 24 часов; лишение возможности движения судна более 24 часов, за исключением случаев намотки; повреждение объектов морской инфраструктуры вне судна, которое может серьезно угрожать безопасности самого судна, другого судна или отдельного лица, либо безопасности судоходства; причинение или угроза серьезного ущерба окружающей среде, в том числе разлив нефти или нефтепродуктов, равный или выше уровня, отнесённого к ЧС в соответствии с приказом № 156, вызванный повреждением судна или судов, и меньше 500 тонн.

И, наконец, очень серьезной аварией ПРАИМ-2013 считает такую аварию, в результате которой произошла гибель судна, гибель двух или более человек, гибель буксируемого судном объекта или причинение очень серьез-

ного ущерба окружающей среде, в том числе разлив нефти или нефтепродуктов от 500 тонн и выше, вызванный повреждением судна или судов.

Таким образом, согласно как международному, так и российскому нормативно-правовому акту авария на море определяется таковой характером своих негативных последствий. При этом в отношении аварийных случаев с разливом нефти или нефтепродуктов ПРАИМ-2013 четко и однозначно определяет, что авария (в т.ч. и навигационная) всегда приводит к чрезвычайной ситуации – в противном случае аварийный случай считается не аварией, а инцидентом.

Анализ идентифицирующих характеристик последствий для аварий, не связанных с загрязнением окружающей среды, также позволяет сделать вывод, что обстановка, которая имеет место быть вследствие аварии на море (в т.ч. и навигационной), всегда обладает признаками ЧС. Иными словами, выраженные последствиями признаки аварии на море тождественны признакам чрезвычайной ситуации. Отсюда следует, что аварийный случай может быть классифицирован как авария только в случае, когда он влечет за собой возникновение чрезвычайной ситуации (в смысле официального определения последней).

Таким образом, навигационная авария (как авария на море) является тем источником ЧС, который всегда и безусловно приводит к возникновению чрезвычайной ситуации.

### 2.3.3. Эмпирическая проверка гипотезы о безусловном возникновении чрезвычайной ситуации при навигационной аварии

Мировая практика судовождения содержит множество примеров навигационных аварий, анализ которых одновременно подтверждает и факт возникновения ЧС.

Так, одной из самых резонансных навигационных аварий, вследствие которых произошло значительное загрязнение окружающей среды, и возник-

ла чрезвычайная ситуация, является посадка на мель танкера «Exxon Valdez» [140]. Авария, после которой в море попало почти сорок тысяч тонн нефти, произошла 24 марта 1989 года у побережья Аляски в проливе Принца Уильяма. В результате «промасленными» оказались 1300 миль побережья, погибло около 250 тысяч птиц, сотни млекопитающих, практически прекращено рыболовство, нарушен традиционный жизненный уклад жителей прибрежных районов. До сих пор последствия аварии и чрезвычайной ситуации полностью не ликвидированы.

За десять лет до этого 19 июля 1979 года произошел крупнейший (почти триста тысяч тонн) разлив нефти, случившийся в результате столкновения двух судов – в Карибском море не смогли разойтись танкеры «Atlantic Empress» и «Aegean Captain» [133], причем первый из них в результате затонул.

Из крупных навигационных аварий – источников чрезвычайных ситуаций, не связанных с масштабным загрязнением окружающей среды, следует выделить столкновение круизного лайнера «Costa Concordia» со скалой около острова Джильо в Средиземном море [127]. 13 января 2012 года в 21:45 судно недопустимо близко приблизилось к острову и на скорости 16 узлов повредило себе левый борт, получив рваную пробоину длиной 53 м. В поврежденных отсеках размещалась судовая энергетическая установка. В течение одной минуты жизненно важные узлы и агрегаты оказались выведены из строя. Стремительное затопление судовой энергетической установки вызвало отключение электроэнергии по всему лайнеру уже спустя 51 секунду с момента удара. Блэкаут коснулся и рулей – неуправляемое судно продолжало двигаться по инерции. Скорость от удара упала до 6 узлов.

В 22:11 «Costa Concordia» легла в дрейф в полумили к востоку от острова Джильо. За 25 минут, прошедшие после столкновения, лайнер развернулся почти на 180°, подставив ветру левый борт и накренившись уже на 5°. Северо-восточный ветер со скоростью 10 м/с понес лайнер в сторону берега. В 22:30 была объявлена общая тревога, спустя 20 минут началась эвакуация. В

22:52 «Costa Concordia» с креном на правый борт села на мель севернее островного порта. К полуночи крен достиг 35°, дальнейший спуск шлюпок и плотов оказался невозможным. Около полутысячи оставшихся на борту человек поочередно сняли с заваливающегося лайнера спасательные катера и вертолеты. Спустя пять часов после столкновения лайнер лег на правый борт. Эвакуация продолжалась до раннего утра. В итоге 32 человека погибли, а жизнь более трех тысяч человек подверглась реальной угрозе.

Приведенные примеры навигационных аварий, спровоцировавших возникновение ЧС глобальных масштабов, представляют собой иллюстрацию наиболее тяжелых, исключительных и протяженных по времени последствий. Однако насколько значительны эти последствия, настолько малы вероятности повторения подобных аварий и возникновения схожих чрезвычайных ситуаций. Как правило, навигационные аварии приводят к чрезвычайным ситуациям меньшего масштаба, но представляют собой много более вероятные события по сравнению с тремя описанными выше. Подобный вывод основан на исследовании большого множества отчетов о расследовании аварий, доступных на официальном сайте ИМО.

Так, 28 января 2017 года в индийском порту Камараджар столкнулись нефтяной танкер «Dawn Kanchipuram» и газовоз «Maple». В результате в море попало 196 тонн нефти, а загрязнению подверглись 180 км побережья [129].

18 февраля 2015 года при переходе из ирландского Белфаста в норвежский Скогн сухогруз «Lysblink Seaways» на полной скорости сел на мель вблизи Килхоана (полуостров Арднамерхан, Западная Шотландия) [139]. Судно оставалось на мели в течение почти двух суток. Его корпус из-за неблагоприятных погодных условий сильно бился о скалистую береговую линию. Это привело к его значительному повреждению и нарушению целостности двойного дна, включая несколько топливных танков. В результате 25 тонн топлива, находящегося в танках, попали в морскую воду [139].

2 января 2015 года цементовоз «Semfjord» вошел на сильном (6 узлов)

попутном течении в пролив Пентленд-Ферт, отделяющий остров Великобритании от Оркнейских островов, снизил скорость относительно грунта до 7 узлов (относительно воды до 1 узла), потерял управляемость, развернулся лагом к волне и опрокинулся [146]. Стремительный характер развития чрезвычайной ситуации не позволил экипажу подать сигнал бедствия и своевременно покинуть судно. Аварийный буй оказался в ловушке перевернутого корпуса судна. Цементовоз был обнаружен лишь 25 часов спустя с борта проходившего мимо парома и практически сразу после обнаружения затонул. Все восемь членов экипажа были признаны погибшими.

Использование для эмпирического исследования навигационных аварий морских судов, плавающих под иным, чем российский, флагом, на первый взгляд, несколько не согласуется с приведенным выше теоретическим подтверждением истинности гипотез, которое базировалось в основном на нормах российского законодательства. Однако государственная принадлежность судна при существующем тотальном и глобальном регулировании безопасности мореплавания со стороны ИМО большого значения не имеет. Вместе с тем, нередко причины, обстоятельства и последствия наиболее резонансных аварий российских судов становятся известными и доступными для анализа не столько из официальных материалов, а в первую очередь из результатов общественного расследования и его публичного обсуждения как гражданским обществом, так и научным сообществом. Примером того служит посадка на мель при снятии с якоря (по другим данным – при обрыве якорь-цепи) танкера «Надежда», случившаяся 28 ноября 2015 года в 8 часов 10 минут по сахалинскому времени на внешнем рейде порта Невельск [70]. В результате аварии произошел разрыв корпуса по миделю судна и утечка нефтепродуктов в морскую воду. Объем утечки по различным оценкам составил от 84 до 258 тонн мазута и от 81 до 215 тонн дизельного топлива [70].

Сразу после поступления информации об аварии председатель Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧС) муниципального образования «Невель-

ский городской округ» ввел режим чрезвычайной ситуации с муниципальным уровнем реагирования. Несколько позже председатель КЧС Сахалинской области ввел на территории порта Невельск режим ЧС уже регионального уровня. Из-за увеличения площади загрязнения 8 декабря в зону ЧС была включена морская акватория Татарского пролива.

В результате аварии негативному воздействию нефтепродуктов подверглась береговая линия протяженностью несколько десятков километров, а материальный ущерб от аварии, уже установленный судами различной юрисдикции, превысил 500 млн. рублей [70].

Перечень представленных навигационных аварий, по сути, является выборкой из генеральной совокупности, произведенной с целью эмпирической проверки тождественности признаков навигационной аварии и чрезвычайной ситуации. Результаты этой проверки подводят к выводу, что навигационная авария всегда приводит к возникновению ситуации (обстановки), которая по совокупности признаков (исключительность источника, значительный ущерб, продолжительное нарушение жизнедеятельности людей) относится к чрезвычайной.

В результате проведенного теоретического исследования, основанного на терминологическом анализе, и по итогам эмпирической проверки навигационную аварию необходимо воспринимать таким источником чрезвычайной ситуации, который всегда влечет за собой возникновение ЧС, а вероятности такой аварии и ЧС при судовождении равны (как равен и риск этих явлений вследствие тождественности последствий). Тем самым получило своё доказательство наличие устойчивой причинно-следственной связи «навигационная авария – чрезвычайная ситуация».

В итоге в целях управления риском ЧС в судовождении можно и необходимо использовать методы управления риском навигационных аварий, включая оценку (прогноз) вероятности и последствий аварии, определение причин и обоснование мероприятий по предупреждению аварийности [13].

## 2.4 Формализация понятия «экстремальная ситуация»

Деятельность человека в любой сфере в той или иной мере сопряжена с возможностью появления так называемой экстремальной ситуации. Вероятность же появления такой ситуации определяется спецификой деятельности. Вполне очевидно, что судоходная индустрия, наряду с авиацией, атомной энергетикой, является одной из отраслей, где изучение экстремальной ситуации, поведения в ней человека и возможностей позитивного влияния на это поведение значимо в контексте безопасности деятельности. Это отметила и Международная морская организация последними поправками к Кодексу ПДНВ (Манильские поправки), которые в число необходимых требований в отношении знаний и умений вахтенного помощника включили поддержание эффективного уровня владения ситуацией, а старшего помощника капитана и капитана – умение принимать решения, оценка риска, владение ситуацией [14].

Понятие «экстремальная ситуация» для каждой конкретной сферы деятельности имеет свои особенности, вызванные спецификой этой деятельности. Для судоходства определение этого понятия дается, как правило, интуитивно, исходя из морской практики и общего понятия экстремальности. Для исследования же поведения судоводителя в экстремальной ситуации, его готовности к адекватным действиям необходимо иметь обоснованное определение, содержащее в себе необходимые и достаточные условия (факторы) возникновения экстремальной ситуации [13, 14].

В психологии существует ряд понятий и определений, содержащий в себе прилагательное «экстремальный». Петровский А.В. и Ярошевский М.Г. [104] считают экстремальными условиями такие, которые подразумевают присутствие в деятельности так называемых стресс-факторов. По мнению Смирнова В.Н. [114] экстремальным видам деятельности свойственно интенсивное, нередко сверхсильное воздействие. В работе Столяренко А.М. [103] под экстремальной понимается ситуация, которая ставит перед человеком



большие трудности, обязывая его к полному, крайнему, предельному напряжению сил и возможностей, чтобы справиться с ними и решить стоящую задачу. Кроме того Столяренко А.М. определяет следующие психогенные факторы экстремальной ситуации:

- большая ответственность за принятие решения;
- опасность;
- дефицит времени;
- интенсивность деятельности;
- отсутствие необходимого отдыха;
- травмирующие психику события;
- длительное ожидание возможных осложнений обстановки, требующее постоянной бдительности.

Понятие «экстремальность» часто употребляется для обозначения любых условий, порождающих стресс [63].

В качестве определяющего или универсального сущностного признака экстремальной ситуации, как правило, рассматривается фактор опасности – прежде всего, непосредственной угрозы для здоровья и жизни людей либо же угрозы срыва их деятельности по решению жизненно важных задач [67]. Понятие экстремальной ситуации, таким образом, отражает не просто чрезвычайное, а именно исключительно опасное событие или совокупность опасных событий относительно и только во взаимосвязи с деятельностью людей, их существованием. Множество экстремальных ситуаций имеют ряд общих сущностных характеристик [89]:

- внезапность наступления, требующая специальной готовности к экстремальностям (например, быстрое ухудшение видимости);
- резкий выход за пределы нормы привычных действий и состояний (маневрирование опасного судна после расчёта и начало манёвра на расхождение своего судна);
- насыщенность развивающейся ситуации противоречиями, требующими оперативного разрешения;

- прогрессирующие изменения в состоянии обстановки, условий деятельности, элементов, связей и отношений экстремальной ситуации, т.е. темпоральность изменений;
- возрастание сложности протекающих процессов в связи с прогрессирующими изменениями и новизной ситуативных противоречий, состояний;
- релевантность, переход ситуации в фазу нестабильности, выход к пределам, критичности;
- порождение изменениями опасностей и угроз (срыва деятельности, гибели, разрушения систем);
- насыщенность ситуации неопределенностью ряда изменений по причине их стохастичности, непредвиденности и новизны;
- нарастание напряженности для субъектов экстремальной ситуации (в плане ее осмысления, принятия решений, реагирования).

В судоходстве в целях безопасности выполнения различных операций принята система чек-листов – прописанных алгоритмов, строго определяющих порядок действий членов экипажа, который обеспечивает безопасное достижение целей и задач операции. Можно предположить, что любое существенное отклонение от алгоритма провоцирует появление стресса и экстремальной ситуации, требующей от экипажа неординарных действий. В феврале 1967 года рыболовный морозильный траулер «Тукан» вышел в свой очередной рейс. При достижении балтийских проливов было получено штормовое предупреждение – появились первые признаки экстремальной ситуации. Капитан дал указание задраить все люки, но ни он, ни вахтенный помощник не проконтролировали выполнение этого указания – то, что ситуация становилась экстремальной, ими в тот момент не осознавалось. Нормальное течение штормования вскоре было нарушено сообщением о поступлении воды в тоннель валопровода. Алгоритм действий при штормовании, которой не предусматривал подобных обстоятельств, был нарушен, ситуация окончательно сформировалась как экстремальная. Но к капитану осознание этого пришло

не сразу («ничего страшного не происходит»), его действия никак нельзя назвать адекватными, соответствующими обстоятельствам. Если бы изначально ситуация была идентифицирована как экстремальная, то, скорее всего, удалось бы избежать гибели 58 человек [14].

В случае же нормального течения операции (от строчки к строчке чек-листа) вероятность появления экстремальной ситуации ниже и больше зависит от конкретных обстоятельств плавания. Так, плавание в узкости, условия которого интуитивно можно считать опасными и стрессогенными, для судоводителя, имеющего большой опыт навигации в этом районе, не представляет большой сложности и не может быть причиной стресса.

В практике судовождения можно найти примеры и обратного, когда ситуация, не предвещавшая перерасти в экстремальную, вследствие не вынужденной ошибки судоводителя, становилась таковой. 16 апреля 2007 года багамский газовоз Gas Monarch следовал в Северном море с максимальной скоростью, которую не снизил даже при расхождении с яхтой Whispa [145]. Шкипер не смог правильно оценить ситуацию и совершил маневр на пересечение курса газовоза (хотя без какого-либо манёвра суда разошлись на безопасном расстоянии). Скорость газовоза, намного превышающая безопасную при расхождении, не позволила избежать столкновения. Здесь налицо неготовность шкипера яхты принимать правильные решения в экстремальной ситуации. Последний, кстати, имел немалый опыт работы на судах, но много большего водоизмещения, и, оказавшись в непривычной для себя ситуации, не смог её должным образом проанализировать (обработать информацию) и предотвратить столкновение. Таким образом, ситуация безопасного расхождения двух судов в открытом море по сути оказалась экстремальной. При этом она сложилась не в момент начала манёвра, а задолго до него – когда шкипер Whispa обнаружил газовоз. Именно с этого момента состояние шкипера можно определить как стрессовое, а ситуацию как экстремальную.

Из предыдущего примера можно определить, что фактор внезапности и неожиданности не является необходимым для появления экстремальной си-

туации. Встречное судно появилось не вдруг, плавание Whispa осуществлялось в районе, где появление судов не является неожиданностью, но, несмотря на это, шкипер яхты оказался в состоянии стресса. Здесь решающим оказался фактор новизны. Одновременно нельзя не заметить, что внезапность, не являясь необходимым условием возникновения экстремальной ситуации, может быть определена как условие достаточное.

Неправильная оценка ситуации (невосприятие её как экстремальной), неадекватные действия экипажа, как правило, ведут к негативному развитию ситуации или к появлению новой экстремальной ситуации. 5 апреля 2007 года греческий туристический корабль Sea Diamond сел на мель в Эгейском море, то есть произошла навигационная авария, что само по себе является экстремальной ситуацией [14]. На следующий день судно затонуло. Спасенные пассажиры говорят, что на судне была полная неразбериха. Людям не хватало спасательных жилетов. Многим пришлось спускаться десятки метров по веревочным лестницам. Экипаж находился в растерянности и не помогал пассажирам в создавшейся экстремальной ситуации.

Резюмируя всё вышесказанное, можно сделать вывод, что экстремальная ситуация в работе судоводителя это совокупность быстро изменяющихся обстоятельств и условий плавания, несущих угрозу безопасности экипажа, судна и окружающей среды, обладающих свойством новизны для судоводителя и требующих от него максимального проявления его возможностей для принятия и исполнения адекватного ситуации решения с целью минимизации негативных последствий этой ситуации. Это определение включает в себя судоводителя, но не учитывает его индивидуальных особенностей.

Однако в силу различных обстоятельств и, в первую очередь, из-за недостаточного уровня психологической готовности судоводителя (которая, как будет показано ниже, определяется в основном его стрессоустойчивостью) ситуация, которая по приведённому определению экстремальной не является, создаёт для судоводителя на мостике трудности, вводит его в стрессовое состояние и, следовательно, несёт некоторую угрозу безопасности

судна, экипажа и окружающей среды. В связи с этим в целях проводимого исследования необходимо ввести новое понятие условно экстремальной ситуации.

Таким образом, условно экстремальной ситуацией в работе судоводителя является такая совокупность обстоятельств и условий плавания, которая вызывает у судоводителя в силу его психологической неготовности стресс, ставит неразрешимые (или трудноразрешимые) задачи и поэтому, несёт угрозу безопасности судна, экипажа и окружающей среды.

В сопоставлении с понятием условно экстремальной ситуации определение экстремальной ситуации, сформулированное ранее, будем считать абсолютной (общей) экстремальной ситуацией. Все иные ситуации будем определять как неэкстремальные (штатные).

Одна и та же навигационная ситуация по причине различной психологической готовности судоводителей для одного судоводителя может считаться условно экстремальной, а для другого неэкстремальной. Именно поэтому условно экстремальные ситуации могут быть определены ещё и как частные.

Из определений абсолютной и условно экстремальной ситуаций можно сделать следующие выводы:

- ситуация считается абсолютно экстремальной, если имеет место совокупность ряда таких объективных обстоятельств и условий плавания, которые являются стрессогенными для любого судоводителя (и, вообще, человека) вне зависимости от уровня его психологической подготовки (этот уровень определяет поведение судоводителя в абсолютно экстремальной ситуации); следовательно, такую экстремальную ситуацию можно также обозначить как объективную экстремальную ситуацию;
- ситуация может считаться условно экстремальной только в отношении конкретного судоводителя с определённым уровнем психологической подготовки, который в совокупности с условиями плавания устанавливает – является ли ситуация для судоводителя условно экс-

тремальной или нет; в связи с этим условно экстремальную ситуацию можно также назвать субъективной;

- если ситуация определена как абсолютно экстремальная, то это не значит, что она также и условно экстремальная – стрессоустойчивость судоводителя на мостике может быть такова, что он будет действовать в такой ситуации настолько же уверенно и адекватно, как и в штатной (неэкстремальной); вместе с тем, при низкой стрессоустойчивости судоводителя на мостике условно экстремальной ситуацией может стать ситуация, не обладающая существенными признаками абсолютно экстремальной.

В дальнейшем под экстремальной будет подразумеваться именно условно экстремальная ситуация. При этом классификация ситуаций на экстремальные и штатные (условные неэкстремальные) остаётся в силе, но полагается, что любая ситуация является в той или иной степени экстремальной, и для этой степени предлагается использовать термин «экстремальность». Таким образом, экстремальность ситуации – это степень того, насколько ситуация является условной экстремальной в смысле определения, данного в настоящем параграфе. Количественное выражение экстремальности позволит провести строгую классификацию ситуаций на экстремальные и неэкстремальные, и, кроме того, определить и добавить в классификацию ситуации промежуточные.

## 2.5 Анализ системы «судоводитель в ситуации»

### 2.5.1 Сущность системы «судоводитель в ситуации»

Текущая рабочая ситуация в работе судоводителя является актуальной, реально существующей в определённый момент времени совокупностью вахтенного помощника и навигационной ситуации, в которой находится он и его судно. В общем случае такая ситуация – социально-природная целост-

ность [117].

Исследование рабочей ситуации через призму системного подхода определяет её как исключительную, временно сложившуюся функциональную целостность, как специфическую внешне-внутреннюю систему «судоводитель в ситуации» (рисунок 2.1).

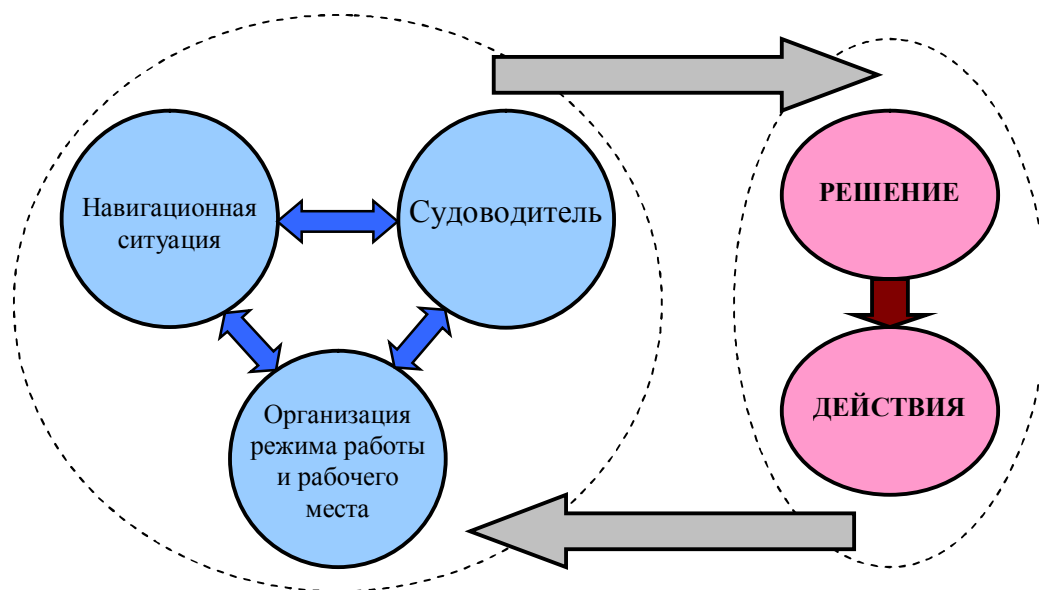


Рисунок 2.1 – Структура системы «судоводитель в ситуации»

В этой системе всё плотно взаимосвязано, её составляющие взаимно обуславливают и влияют друг на друга, и в итоге она выдаёт конечный результат – решение судоводителя и его действия (поведение) для реализации решения. Этот результат работы системы – кумулятивный продукт её деятельности, выработанный в процесс одного временного цикла работы. Под влиянием принятого судоводителем решения изменяется состояние составляющих системы, в первую очередь, навигационной ситуации, и система начинает новый цикл работы.

Структура рабочей ситуации включает в себя [33]:

- внешнюю среду, окружающую судоводителя (вахтенного помощника), в основном определяющуюся навигационной ситуацией;
- личностные статические элементы, характеризующие судоводителя

как личность вне зависимости от его профессиональных обязанностей;

- личностные динамические элементы, которые представляют собой совокупность решений, совершённых действий и намерений судоводителя, находящегося в условиях конкретной внешней среды.

При анализе можно допустить раздельное изучение каждой составляющей, однако в фактической ситуации они существуют как системно взаимосвязанные элементы с определёнными свойствами, которые отличаются не только у разных судоводителей, но даже и у одного индивидуума в различные моменты времени. Разными будут и психические состояния судоводителей. Подобное положение обусловлено самой природой психической деятельности человека, на которой всегда отражается внешняя среда. При этом «отражение» мгновенного состояния внешнего мира и «прямого изображения» мира внутреннего максимально сложно переплетаются (совмещаются), образуя при этом сложную единую динамичную структуру. Иными словами, оперативная ситуация – это продукт взаимодействия судоводителя как индивидуума и особенностей текущей навигационной ситуации.

Судоводитель в ситуации – это не сумма двух слагаемых: совокупных особенностей судоводителя и комплексной навигационной ситуации, а целостная подвижная структура, обращающая оперативную ситуацию в системное объективно-субъективное явление «судоводитель в ситуации».

#### 2.5.2 Причинно-следственные связи между элементами системы «судоводитель в ситуации»

Интерактивные процессы, происходящие между элементами системы «судоводитель в ситуации», определяются причинно-следственными связями, существующими между ними. Эти причинно-следственные связи обусловлены, в частности, следующим [33]:

- состояние системы «судоводитель в ситуации» определяется лично-



стно-обстановочным взаимодействием;

- профессиональная среда является в оперативной ситуации как бесспорно существующая объективная реальность, ставящая судоводителя в определенные условия;
- судоводитель в контексте оперативной ситуации далеко не пассивно и инертно воспринимает внешние обстоятельства и их проявления – профессиональная среда действует через его внутреннее состояние. Одновременно, внутреннее состояние и действия судоводителя в оперативной ситуации не являются точным отображением профессиональной среды; они обусловлены личностными особенностями конкретного судоводителя, который воспринимает и оценивает окружающую обстановку в той или иной мере индивидуально, отлично от других. Вследствие этого сама обстановка, включая место судоводителя в ней, всегда являются объективно-субъективным феноменом. Одинаковая навигационная ситуация может восприниматься одним судоводителем как нормальная, а другим – сложная, а то и экстремальная. Так, лоцманы скандинавских фьордов, всю свою жизнь работающие в пределах одной акватории, плавание по ней рассматривают как рутину, однако, даже опытный судоводитель, самостоятельно обеспечивающий плавание по фьордам, будет воспринимать текущую навигационную ситуацию минимум как сложную;
- судоводитель в ситуации – её активный элемент, обладающий возможностью воздействовать на ситуацию;
- действия судоводителя изменяют как навигационную ситуацию, так и её восприятие самим судоводителем;
- характер действий судоводителя определяется процессом его взаимодействия с навигационной ситуацией. Внутреннее отображение ситуации и ответные реакции, совокупность психических процессов, обуславливающих действия судоводителя – совокупный результат, основой которого являются индивидуальные особенности, психоло-

гическая готовность к любой ситуации и активность, определяемая сознанием судоводителя;

- в любой ситуации судоводитель действует, в первую очередь, как личность, определяемая целостной совокупностью её индивидуальных особенностей, а его частные ответные реакции на изменение навигационной ситуации напрямую зависят от этих особенностей.

### 2.5.3 Экстремальность системы «судоводитель в ситуации»

Таким образом, внешняя профессиональная среда всегда опосредована личностью судоводителя, причём поведение его содержит признаки, обусловленные внешней средой, одновременно судоводитель не исполняет по отношению к навигационной ситуации роль «ведомого». Комплекс личностных характеристик судоводителя определяет его подготовленность к встрече с различными объективными и субъективными препятствиями, его устойчивость к вероятным отрицательным воздействиям со стороны профессиональной среды. Отсюда экстремальность – это не просто характеристика внешней среды или навигационной ситуации, а показатель специфического состояния системы «судоводитель в ситуации», изменяющийся в определенном интервале в зависимости от различных факторов. В общем виде экстремальность  $E$  можно представить как сложную функцию [14, 36, 44]:

$$E = f(CNS, HF), \quad (2.1)$$

где  $CNS$  – сложность навигационной ситуации (Complexity of Navigational Situation),

$HF$  – комплексный показатель, характеризующий состояние судоводителя, обуславливающее качество принимаемых и исполняемых им решений (Human Factor).

В таком контексте элемент «Организация режима работы и рабочего

места» системы «судоводитель в ситуации» можно рассматривать как интерфейс между двумя другими элементами системы, а экстремальность – как оценку состояния системы и её свойство, которое непосредственно влияет на навигационную безопасность плавания судна. Вместе с тем, для удобства восприятия термины «экстремальность системы «судоводитель в ситуации» и «экстремальность навигационной ситуации» будем считать равнозначными.

Здесь необходимо уточнить, что термины «экстремальность навигационной ситуации» и «сложность навигационной ситуации» различны. Последний определяет самостоятельную характеристику отдельного элемента системы и не включает в себя судоводителя.

Итак, можно сделать вывод, что навигационная безопасность плавания судна в каждый конкретный момент времени определяется текущим состоянием и качеством результата на выходе системы «судоводитель в ситуации».

## 2.6 Соотношение понятий «опасная ситуация», «экстремальная ситуация» и «чрезвычайная ситуация»

В различных источниках можно встретить разные термины, характеризующие условия и обстоятельства деятельности человека на море при наличии угроз – опасная ситуация, экстремальная ситуация, чрезвычайная ситуация. Однако системность терминологии, взаимосвязанность дефиниций отсутствуют, что может повлечь неправильное толкование и подмену понятий, а, следовательно, неустойчивую терминологическую базу настоящего исследования, неправильную оценку и некорректное применение его результатов.

Отсюда следует необходимость систематизации терминов и дефиниций, которые определяют условия и обстоятельства деятельности человека в процессе судовождения (деятельности вахтенного помощника капитана) при наличии угроз жизни и здоровью людей, грузу, судну и окружающей среде.

Наличие опасностей (одной или нескольких) является единственным не-

обходимым и достаточным признаком для идентификации ситуации как опасной. Опасная ситуация определяется таковой безотносительно к источнику появления угроз и не зависит от факта наступления последствий.

Экстремальная ситуация представляет собой такую опасную ситуацию, которая появляется и существует относительно и только во взаимосвязи с деятельностью человека (вахтенного помощника капитана) [43].

От экстремальности ситуации зависит вероятность появления такого источника ЧС как навигационная авария. И, наоборот, опасное природное явление (например, шторм) не зависит от экстремальности, а определяет её, и может привести к чрезвычайной ситуации как через навигационную аварию, так и непосредственно. В последнем случае для идентификации ЧС и для дифференциации чрезвычайной и экстремальной ситуаций большое значение имеет такой признак ЧС как угроза наступления вреда, а, точнее, реальность этой угрозы. Так, если штормование происходит в штатном режиме, то ситуация является экстремальной, но в случае, например, критического смещения груза она должна быть классифицирована уже как чрезвычайная. Вместе с тем, подобные чрезвычайные ситуации, вызванные непосредственно опасным природным явлением, не имеют отношения к процессу судовождения. Здесь определяющим ЧС источником следует считать навигационную аварию, которая по отношению к опасному природному явлению необходимо рассматривать как источник вторичный, но единственный, приводящий к чрезвычайной ситуации при судовождении. В случае шторма таким источником может быть, например, опрокидывание судна вследствие его разворота лагом к волне при ошибке в выборе курса.

Одно и то же опасное природное явление инициирует различную величину экстремальности для вахтенных помощников капитана с разным уровнем стрессоустойчивости. В одном случае источник приведет к навигационной аварии и возникновению ЧС, в другом случае авария не случится и чрезвычайная ситуация не возникнет. Тем самым вероятность возникновения ЧС в таком случае больше определяется экстремальностью, а не самим фактом

наличия «первичного» источника.

Таким образом, экстремальная ситуация (т.е. ситуация с экстремальностью, значение которой превышает некоторую критическую величину), так же как и источник ЧС является обязательным условием возникновения чрезвычайной ситуации. Одновременно с этим экстремальность определяет вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, но не является ею с точки зрения классической теории вероятностей. В таком контексте экстремальность навигационной ситуации можно иначе определить как *квазивероятность возникновения ЧС при судовождении* со шкалой, характерной величинам с вероятностным смыслом, т.е. от 0 до 1 [16].

В итоге проведенного анализа соотношения опасной, экстремальной и чрезвычайной ситуаций, возникающих при судовождении, можно сделать следующие выводы [43]:

- опасная ситуация является наиболее общим понятием; единственным необходимым и достаточным признаком, идентифицирующим ситуацию как опасную, является наличие угрозы или факта возникновения вреда (ущерба), безотносительно к его источнику;
- экстремальная ситуация – это такая опасная ситуация, в которой присутствует человек (имеет место человеческий фактор), но отсутствует такой признак как факт возникновения вреда (существует только его угроза);
- чрезвычайная ситуация – это такая опасная ситуация, которая возникает при наличии источника ЧС (навигационной аварии) и последующего длительного нарушения нормальной деятельности судна;
- экстремальная и чрезвычайная ситуации – непересекающиеся понятия; граница между ними определяется моментом появления источника ЧС – навигационной аварии;
- экстремальность ситуации определяет вероятность возникновения ЧС при судовождении (ее количественной оценкой, квазивероятностью, но не самой вероятностью).

Приведенные выводы являются частью теории и методологии управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии и позволяют интегрировать в исследования, касающиеся предупреждения ЧС в в судоходстве, знания и методы, которые используются при управлении навигационной безопасностью плавания морского судна и относящиеся, в первую очередь, к учету человеческого фактора. Подобная интеграция позволит обосновать эффективные процедуры управления риском чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при ошибках в судовождении.

## 2.7 Выводы по второй главе

1. Морское судно является элементом Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций объектового уровня, в отношении которого распространяются все определения и положения, касающиеся предупреждения чрезвычайных ситуаций на море.

2. Навигационная авария является таким источником чрезвычайной ситуации, которая, обладая одинаковыми с ней идентификационными признаками, всегда и безусловно приводит к ЧС. При этом вероятность возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении и вероятность навигационной аварии одинаковы, как одинаков и риск этих явлений.

3. Для дальнейшего исследования необходимо считать, что экстремальная ситуация в работе судоводителя это оцениваемая через призму его стрессоустойчивости совокупность быстро изменяющихся обстоятельств и условий плавания, несущих угрозу безопасности экипажа, судна и окружающей среды, обладающих свойством новизны для судоводителя и требующих от него максимального проявления его способностей для принятия и исполнения адекватного ситуации решения с целью минимизации негативных последствий этой ситуации.

4. Экстремальная ситуация является необходимым условием возникновения чрезвычайной ситуации, при этом экстремальная и чрезвычайная си-

туации, являясь ситуациями опасными, одновременно не тождественны и, более того, не пересекаются. Граница между этими понятиями определяется навигационной аварией.

5. Навигационная безопасность плавания судна в конкретный момент времени определяется текущим состоянием и качеством результата на выходе системы «судоводитель в ситуации».

6. Экстремальность навигационной ситуации является оценкой влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна и на вероятность возникновения ЧС, а выражение (2.1) методологической основой управления риском чрезвычайных ситуаций при судовождении.

Экстремальность навигационной ситуации представляет собой квазивероятность возникновения чрезвычайной ситуации.

7. Закономерности возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в судовождении и закономерности, определяющие редукцию навигационной безопасности судна, крайней формой проявления которой является навигационная авария, тождественны и включают в себя недостатки системного взаимодействия личности судоводителя и ситуации, в которой находится судно. Таким образом, человеческий фактор влияет на вероятность возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении так же, как и на навигационную безопасность плавания судна.

### **3 Обоснование и разработка метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации**

Навигационная ситуация является одним из элементов системы «судоводитель в ситуации» (рисунок 2.1), а её сложность – одной из детерминант, определяющих влияние человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна. Таким образом, первый этап разработки метода количественной оценки такого влияния – построение алгоритма оценки сложности навигационной ситуации.

#### **3.1 Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация»**

В процессе плавания судно и судоводитель находится в различных, сменяющихся друг друга, навигационных ситуациях. Именно характер текущей навигационной ситуации во многом определяет безопасность плавания судна в конкретный момент времени. Однако само понятие «навигационной ситуации» воспринимается, как правило, интуитивно, а некоторые определения, встречающиеся в литературе (как, например, в [28, 97]) имеют общий характер, который не позволяет использовать их в целях практического анализа конкретных навигационных ситуаций и их влияния на безопасность мореплавания. Так, например, Погосов С.Г. определяет навигационную ситуацию как «условия, в которых проходит плавание на определённом участке пути, в определенное время или отрезок времени» [97, с. 50], а Дерябин В.В. считает, что навигационная ситуация – это «определённый набор курса, скорости и внешних факторов» [28, с. 18].

Часто в отношении навигационной ситуации используется такое словосочетание, как «совокупность обстоятельств и условий плавания». Вместе с тем, здесь до конца не понятно различие между обстоятельствами и условиями и, соответственно, что именно можно отнести к обстоятельствам, а что к условиям плавания. Этимологический и семантический анализ этих слов вы-



являет лишь небольшое смысловое различие между ними (однако их нельзя считать синонимами), несущественное в контексте проводимого исследования и формально основанное на происхождении конкретной составляющей навигационной ситуации. Так, объективные составляющие – это в большей степени обстоятельства, субъективные – условия, либо под обстоятельствами понимаются явления (волнение, ветер, течение), а под условиями – все иные факторы, сопровождающие плавание судна. Однако практика использования этих слов в мореплавании практически как синонимов делает обоснованным их замену на понятие «компонента» (от лат. *componens* – составляющий), то есть навигационная ситуация – это, в первую очередь, совокупность взаимосвязанных субъективных и объективных компонент, определённых значениями их конкретных характеристик и имеющих отношение к навигационной безопасности плавания судна. При такой трактовке к субъективным компонентам можно отнести, например, местные правила плавания, интенсивность и плотность движения судов, а к объективным – силу и направление волнения.

Как правило, считается, что навигационная ситуация – понятие, относящееся к определённому району и не связанное с каким-то конкретным судном [97]. Вместе с тем, динамика навигационной ситуации (то есть непрерывная по времени последовательность сменяющих друг друга навигационных ситуаций) для определённой акватории и для конкретного судна – это далеко не одно и то же. Так, при переходе судна из одного района плавания в другой навигационная ситуация для этого судна меняется, и это изменение обусловлено сменой района плавания. Таким образом, в зависимости от целей исследования необходимо рассматривать либо навигационную ситуацию, в которой находится конкретное судно, обладающее своими статическими и динамическими характеристиками, либо навигационную ситуацию, имеющую место на определённой акватории.

Навигационная ситуация представляется обычно как некий временной «срез», то есть момент времени, в который компоненты навигационной си-

туации имеют строго определённые конкретные характеристики (состояние), отличные от аналогичных характеристик в другие моменты времени. В общем случае, навигационная ситуация, которую в таком контексте можно определить как «мгновенное состояние навигационной среды», обладает свойствами одноактности и неповторимости. Это означает, что двух одинаковых навигационных ситуаций не существует. Однако временной градиент некоторых компонент, то есть их изменчивость во времени, такова, что в течение некоторого сравнительно большого (во всяком случае, не стремящегося к нулю) промежутка времени характеристики компонент, как и сама совокупность компонент не изменяются или изменяются незначительно. В таком случае практически более значимо вести речь не о моменте времени, как об отрезке времени, стремящимся к нулю, а как об отрезке времени, отличным от нуля.

Из одноактности и неповторимости навигационной ситуации следует, что большинство её компонент имеет бесконечное множество значений; то же самое можно сказать и о количестве вариаций компонент (значений их характеристик). Такое обстоятельство делает практически невозможным описание и анализ навигационных ситуаций. Однако если ввести допущение, заменив множество значений какой-либо компоненты, принадлежащей интервалу с определёнными границами, одним значением, то количество значений компонент станет конечным, как станет конечным и количество возможных навигационных ситуаций. Такие навигационные ситуации положим называть типовыми. В качестве же разбиений множества значений компонент на интервалы можно использовать уже известные классификации и шкалы, такие, например, как шкалу Бофорта для силы ветра.

Таким образом, под навигационной ситуацией, в общем случае, необходимо понимать неповторимую совокупность мгновенных значений характеристик взаимосвязанных, субъективных и объективных компонент, имеющих отношение к навигационной безопасности плавания судна и открывающихся восприятию и деятельности человека (в частности, судоводителя) в опреде-

лённый момент времени. Вместе с тем, типовой навигационной ситуацией является совокупность значений характеристик всё тех же компонент в некоторый момент или отрезок времени, при этом каждое из значений принадлежит к своему конечному множеству.

Анализ теории и практики морского судовождения позволяет выделить следующий ряд компонент навигационной ситуации на «уровне судна» [44, 48]:

- 1) размеры акватории;
- 2) глубина;
- 3) оснащённость района средствами навигационного обеспечения;
- 4) наличие надводных и подводных препятствий;
- 5) скорость ветра (общепринятая шкала);
- 6) направление ветра относительно судна – курсовой угол ветра (общепринятая шкала);
- 7) сила волнения (общепринятая шкала);
- 8) направление волнения относительно судна – курсовой угол волнения (встречное, попутное, траверзное);
- 9) скорость течения (низкая, средняя, высокая);
- 10) направление течения относительно судна – курсовой угол течения (попутное, встречное, лаговое);
- 11) видимость (низкая, средняя, высокая);
- 12) ледовая обстановка;
- 13) обледенение;
- 14) интенсивность и плотность движения судов (низкая, средняя, высокая);
- 15) характеристика опасных целей – компонент, который объединяет в себе количество, курсы и скорости встречных судов;
- 16) скорость судна (низкая, средняя, высокая);
- 17) размеры судна (малое; среднее; большое; очень большое);
- 18) организационные компоненты – качество и количество правил

(норм), особенным образом регламентирующих плавание в отдельно взятом районе.

В скобках представлены примеры возможных качественных (которым соответствуют определённые количественные значения) характеристики компонент. Число возможных вариаций компонент и значений их характеристик даёт в итоге количество типовых навигационных ситуаций. Вместе с тем, варьируя характеристики компонент формально и механически, можно получить слишком большое количество типовых навигационных ситуаций, что крайне затруднит их анализ. Содержание ряда навигационных ситуаций, полученных подобным образом, будет противоречить хорошей морской практике. Например, очевидно, что навигационная ситуация, в которой штормовому ветру сопутствует отсутствие волнения, является большой редкостью. В таких случаях необходимо использовать содержательный анализ, который позволит исключить из общего перечня парадоксальные навигационные ситуации.

На рисунке 3.1 представлена предлагаемая структура навигационной ситуации по отношению к судну, разделённая на блоки субъективных (6 наименований) и объективных (12) компонент, выделенные пунктирной линией,

Кроме того, на рисунке 3.1 стрелками показаны очевидные связи между компонентами навигационной ситуации: как односторонние, так и двусторонние.

Используя термины теории множеств [68], множество всех навигационных ситуаций  $NS$  (бесконечное в случае общих навигационных ситуаций и конечное для типовых навигационных ситуаций) можно представить в виде декартового произведения множеств  $C_i$ , каждое из которых содержит все возможные значения характеристики конкретной компоненты навигационной ситуации:

$$NS = \prod_{i=1}^{18} C_i .$$

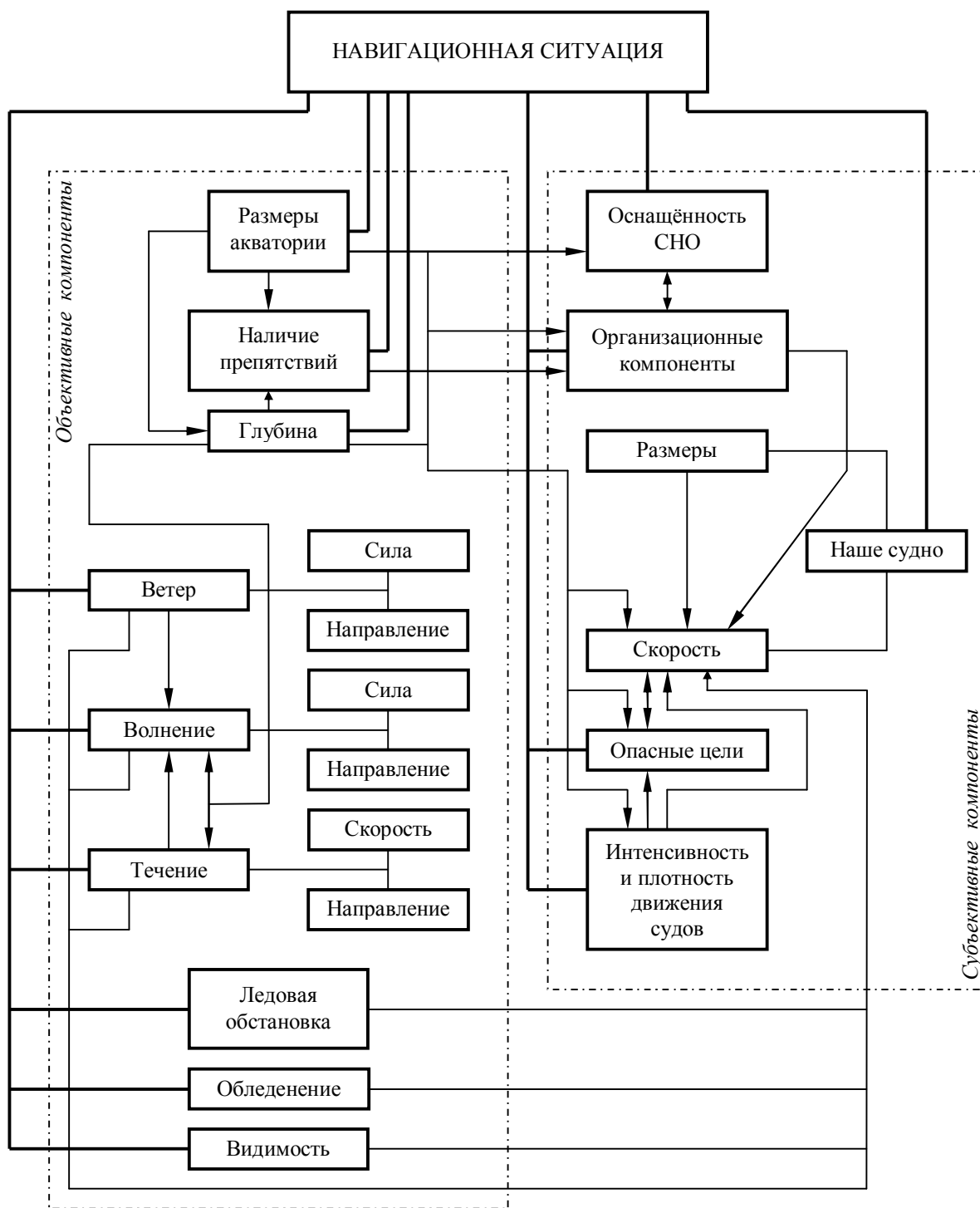


Рисунок 3.1 – Структура навигационной ситуации

Предложенные определение и структура навигационной ситуации могут быть положены в основу разработки количественного критерия, определяющего сложность навигационной ситуации – CNS (Complexity of Navigational Situation). Подобный количественный критерий может иметь следую-

щий вид:

$$CNS = 1 - (1 - K_1) \cdot (1 - K_2) \cdot \dots \cdot (1 - K_{17}) \cdot (1 - K_{18}), \quad (3.1)$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_{17}, K_{18}$  – коэффициенты, определяющие состояние соответствующей компоненты навигационной ситуации.

При формировании количественного критерия сложности навигационной ситуации, предлагается принимать во внимание следующее:

- базовые коэффициенты  $K_1, K_2, \dots, K_{17}, K_{18}$  должны быть определены для каждого из значений характеристик компонент навигационной ситуации с учётом как проявления компоненты в конкретно рассматриваемой навигационной ситуации (то есть в зависимости от текущего значения характеристики), так и общего влияния компоненты на сложность навигационной ситуации; другими словами, эти коэффициенты учитывают как собственно значения характеристик, так и вес компоненты;
- значения коэффициентов  $K_1, K_2, \dots, K_{17}, K_{18}$  должны находиться в пределах интервала  $(0;1)$ , при этом «0» будет соответствовать отсутствию влияния компоненты на сложность навигационной ситуации, а «1» будет показывать не только максимальное влияние, но и означать, что данная компонента, вне зависимости от наличия и состояния других компонент в структуре текущей навигационной ситуации, определяет эту ситуацию как максимально сложную ( $CNS=1$ ); именно из-за этих допущений уравнение (3.1) для критерия CNS имеет представленный вид, а не выражается простым произведением коэффициентов. Здесь очевидно, что значение критерия CNS с повышением сложности навигационной ситуации будет изменяться от 0 до 1;
- коэффициенты, содержащиеся в уравнении (3.1), можно определить

посредством экспертного оценивания, анализа навигационных ситуаций, при которых произошли фактические аварии с судами, и иными способами и методами или комбинациями методов.

Метод оценки сложности навигационной ситуации с точки зрения операционализма – направления в методологии науки, согласно которому значение научных понятий является не множеством каких-то предметов и их свойств, а совокупностью операций [69], можно считать собственно определением термина «навигационная ситуация». Было бы, однако, ошибочным и неэффективным отказываться от традиционного понимания «значения понятий» и сводить научное определение понятия только к его операциональному определению. В то же время, пренебрегать подобным операциональным определением также не стоит, так как оно, являясь частью дефиниции в общепринятом, классическом, понимании, помогает более широко распознать суть такого определяемого понятия, как «навигационная ситуация».

Предложенное выше определение навигационной ситуации отнюдь не лишает права на существование иных её определений, как упомянутых, так и многих других; тем более, что концептуальных противоречий у взглядов различных авторов на навигационную ситуацию практически не наблюдается. Вместе с тем, в представленной дефиниции навигационной ситуации, включающей формулировку, структуру и оценку её сложности (на уровне идеи, предполагающей дальнейшее её развитие), отсутствуют такие недостатки естественного (в противовес научному) языка, при помощи которого формулировались более ранние определения, как многозначность слов, расплывчатость и неопределенность их содержания, двусмысленности выражений, семантическая замкнутость и т.п. Кроме того, объём определения наиболее полно раскрывает сущность навигационной ситуации и указывает на её необходимые признаки, т.е. оптимально решает задачу логической операции определения термина «навигационная ситуация». По этим причинам именно предложенное определение необходимо использовать как, в частности, при анализе и оценке случившейся, текущей или будущей навигационной ситуа-

ции, так и при проведении исследований в сфере судовождения, безопасности мореплавания и предупреждения чрезвычайных ситуаций на море.

### 3.2 Экспертное оценивание

Под сложностью навигационной ситуации необходимо понимать объективную сравнительную меру усилий, необходимых для обеспечения безопасности мореплавания в этой навигационной ситуации.

В результате содержательного анализа компонент навигационной ситуации сформируем конечные множества значений их характеристик, принадлежность к которым можно определить как по качественному, так и по количественному описанию множества (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Компоненты навигационной ситуации

	<i>Компоненты</i>	0	1	2	3	4
1	<b>Вид акватории</b>	-	<b>зона открытого моря</b>	<b>зона прибрежного плавания</b>	<b>зона стеснённого плавания</b>	-
2	<b>Глубина</b>	<b>глубокая вода</b>	<b>мелководье</b>	-	-	-
3	<b>Обеспеченность СНО</b>	<b>отличная зоны действия СНО перекрываются</b>	<b>удовлетворительная зоны действия СНО не перекрываются</b>	<b>плохая район плавания практически не обеспечен СНО</b>	-	-
4	<b>Наличие подводных или надводных препятствий</b>	<b>препятствия отсутствуют</b>	<b>препятствия редкие</b>	<b>препятствия частые</b>	-	-
5	<b>Скорость ветра</b>	<b>безветрие</b>	<b>слабый 1-3 балла</b>	<b>сильный 4-6 балла</b>	<b>крепкий 7-8 баллов</b>	<b>штормовой 9-12 баллов</b>
6	<b>Курсовой угол ветра</b>	-	<b>носовой (встречный ветер)</b>	<b>кормовой (попутный ветер)</b>	<b>траверзный (боковой ветер)</b>	-
7	<b>Волнение</b>	<b>волнение отсутствует</b>	<b>незначительное 1-3 балла</b>	<b>умеренное 4-5 баллов</b>	<b>значительное 6-7 баллов</b>	<b>жестокое 8-9 баллов</b>



	<i>Компоненты</i>	0	1	2	3	4
8	<b>Курсовой угол волнения</b>	-	<b>носовой</b>	<b>кормовой</b>	<b>траверзный</b>	-
9	<b>Скорость течения</b>	<b>течение отсутствует</b>	<b>незначительная (1-2 уз)</b>	<b>средняя (3-5 уз)</b>	<b>большая (5-7 уз)</b>	<b>значительная (более 7уз)</b>
10	<b>Курсовой угол течения</b>	-	<b>попутное</b>	<b>встречное</b>	<b>траверзное</b>	-
11	<b>Видимость</b>	<b>отличная свыше 10 миль</b>	<b>хорошая 5-10 миль</b>	<b>средняя 2-5 миль</b>	<b>плохая 1-2 мили</b>	<b>очень плохая менее 1 мили</b>
12	<b>Ледовая обстановка</b>	<b>лёд отсутствует</b>	<b>лёгкая льдом покрыто не более 20 % видимой поверхности моря</b>	<b>умеренная льдом покрыто 20-50 % видимой поверхности моря</b>	<b>средней тяжести Льдом покрыто 50-80 % видимой поверхности моря</b>	<b>тяжёлая льдом покрыто более 80 % видимой поверхности моря</b>
13	<b>Обледенение</b>	<b>нет</b>	<b>медленное (до 2 см/ч)</b>	<b>быстрое (2-6 см/ч)</b>	<b>оч. быстрое (более 6 см/ч).</b>	-
14	<b>Интенсивность и плотность движения судов</b>	<b>суда в районе плавания отсутствуют</b>	<b>низкая</b>	<b>средняя</b>	<b>высокая</b>	-
15	<b>Количество опасных целей</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>более 2</b>	-
16	<b>Скорость судна</b>	-	<b>низкая до 5 уз</b>	<b>средняя 5-10 уз</b>	<b>высокая 10-15 уз</b>	<b>оч. высокая свыше 15 уз</b>
17	<b>Размеры судна</b>	-	<b>малое менее 40 м</b>	<b>среднее 40 - 100 м</b>	<b>большое 100-200 м</b>	<b>оч. большое свыше 200 м</b>
18	<b>Местные правила</b>	<b>отсутствуют</b>	<b>подробно регламентируют плавание</b>	<b>регламентируют некоторые аспекты плавания</b>	<b>существуют, но крайне противоречивые</b>	-

Наибольшая проблема при формировании множеств заключалась в отсутствии общепринятой классификации акваторий плавания. Современная теория и практика мореплавания предоставляет объёмное множество классификаций, составленных по различным признакам. Большинство из представленных классификаций имеют критерии в виде расстояния от берега или от навигационной опасности, но установлены они только формально и интуи-

тивно, без какого-либо обоснования. В целях настоящего исследования для определённости принята классификацию ИНО-89 [52], предусматривающая три вида акватории: зону открытого моря, зону прибрежного плавания (прибрежную зону) и зону стеснённого плавания.

*Зона стеснённого плавания* включает в себя каналы, узкости, шхеры, акватории портов и гаваней с подходами к ним, а также устьевые участки судоходных рек. Плавание в зоне осуществляется, как правило, по строго определённым направлениям, обеспечивающим безопасный путь движения. Условия плавания в зоне отличаются ограниченной свободой манёвра и требуют повышенного контроля за местоположением судна. На особо сложных участках зоны устанавливаются системы и посты управления движением судов, применяется лоцманская проводка судов.

*Прибрежная зона* – часть моря, лежащая вдоль материкового берега, берегов архипелагов и отдельных островов, в которой возможно зрительное и радиолокационное наблюдение береговых ориентиров. Ширина прибрежной зоны принимается 30-50 миль. Плавание в зоне осуществляется в основном по рекомендованным путям или по фарватерам и только в отдельных районах допускается свободное плавание.

*Зона открытого моря* – водное пространство океанов и морей, лежащее в основном за пределами зрительной и радиолокационной наблюдаемости береговых ориентиров. Плавание в зоне открытого моря свободное или по объявленным рекомендованным путям.

Большое количество классификаций объяснимо разнообразием задач, для решения которых эти классификации предназначены, и практически бесконечным множеством факторов, которые определяют особенности разграничения в конкретных районах плавания и препятствуют созданию строгого универсального количественного критерия разграничения. Вместе с тем автоматическая идентификация акватории плавания, необходимая для автоматизации результатов настоящего исследования, может быть основана на алгоритме, базирующемся на комплексе нестрогих правил и строгих частных

(не универсальных) аналитических критериев.

В качестве одного из таких критериев можно использовать расстояние до берега или навигационной опасности, определяемое выражением [37]:

$$D_{\bar{o}} = \sqrt{K_1 K_c^2 + K_2 M_0^2}. \quad (3.2)$$

где  $K_c$  – коэффициент точности счисления,

$M_0$  – среднеквадратическая погрешность определения места судна,

$K_1 = 5112 \text{ миль}^2$ ,  $K_2 = 2500$  – коэффициенты.

В таблице 3.1 каждой компоненте навигационной ситуации соответствует от двух до пяти множеств, при этом, чем больше номер множества, к которому принадлежит текущее значение характеристики компоненты, тем сложнее навигационная ситуация (при прочих равных условиях).

В основу метода положим количественный критерий (3.1). Тогда основной задачей, которую необходимо было решить при разработке метода, являлось определение значений коэффициентов

$$K_{1,1}, K_{1,2}, \dots, K_{2,1}, K_{2,2}, \dots, K_{17,1}, K_{17,2}, \dots, K_{18,1}, K_{18,2}, K_{18,3}$$

(или при иной записи:  $K_{i,j}$ , где  $i$  – номер компоненты,  $j$  – номер множества этой компоненты), соответствующих каждому из конечных множеств. В таком случае общее количество коэффициентов равнялось бы 57 (без учёта нулевых коэффициентов, соответствующих множествам с номером 0).

В судовождении считается практически аксиомой тезис, что навигационная ситуация, принципы её восприятия судоводителем в первую очередь определяются акваторией плавания судна. Таким образом, на акваториях различных видов (зоны открытого моря, прибрежного или стеснённого плавания) компоненты по-разному влияют на сложность навигационной ситуации (имеют различный вес). Исходя из этого, алгоритм расчёта количественного

критерия был немного изменён. Множитель с коэффициентом  $K_1$  был исключён из базовой формулы (3.1), при этом изменилась и основная задача – теперь стало необходимо рассчитать три набора по 54 базовых коэффициента, чтобы для акватории каждого вида сложность навигационной ситуации определялась формулой:

$$CNS = 1 - (1 - K_2) \cdot (1 - K_3) \cdot \dots \cdot (1 - K_{17}) \cdot (1 - K_{18}) \quad (3.3)$$

с использованием своего набора базовых коэффициентов.

Для определения значения коэффициентов в период с июня по сентябрь 2012 года автором проведено экспертное оценивание [49], в процессе которого перед экспертами было поставлено две задачи ранжирования: по степени сложности двадцати описанных в опросном листе № 1 навигационных ситуаций и компонент по их значимости при определении сложности навигационной ситуации в акватории каждого вида (опросный лист № 2). Опросные листы сопровождалось описанием задач, глоссарием, где во избежание разночтений были даны определения основным используемым терминам, а также аналогом таблицы 3.1.

В число экспертов вошли как авторитетные представители морского образования и науки, так и специалисты-практики (капитаны и старшие помощники капитана) с опытом несения ходовой навигационной вахты от 10 до 30 лет.

Для формулирования первой задачи экспертного оценивания случайным образом выбраны 110 навигационных ситуаций. При этом для оценки одному эксперту предлагалось только 20 из них. Опросные листы формировались следующим образом. Первоначально без учёта экспертного мнения все навигационные ситуации были разделены на пять условных групп по уровню сложности; таким образом, каждая группа содержит 22 навигационных ситуации. В опросный лист № 1 для первого эксперта были включены по четыре ситуации из каждой группы. При формировании опросного листа для вто-

рого эксперта в предыдущем опросном листе пять навигационных ситуаций, относящиеся к разным группам, были заменены другими, но из тех же априорных групп (то есть навигационная ситуация А может быть заменена навигационной ситуацией только той же группы). В опросном листе для следующего эксперта таким же образом были заменены ещё пять навигационных ситуаций. Опросные листы формировались до тех пор, пока каждая из навигационных ситуаций не повторилась четыре раза. Таким образом, количество опросных листов равнялось 22, то есть для процедуры оценивания необходимо было привлечь именно такое количество экспертов. При этом не существует двух одинаковых опросных листов. Представленные контрольные цифры (110 навигационных ситуаций, 20 навигационных ситуаций в одном опросном листе, 22 эксперта) являлись результатом анализа применимости экспертного оценивания в контексте данного исследования.

Каждая из навигационных ситуаций в опросных листах была описана примерно следующим образом: «Зона открытого моря, ветер 5 баллов в нос, волнение 6 баллов в нос, течение траверзное 1 уз, видимость – более 10 миль, Ваше судно длиной 250 м движется со скоростью 4 уз, происходит очень быстрое обледенение судна». Экспертам необходимо было ранжировать предложенные навигационные ситуации по их сложности, расставив числа от 1 (самая сложная) до 20. При этом допускался вариант мнения экспертов о равенстве двух или более навигационных ситуаций – предлагалось отмечать эти ситуации одним числом (количество используемых чисел тогда становилось меньше 20).

При заполнении опросного листа № 2 (вторая задача экспертного оценивания) экспертам предлагалось расставить три раза (для акватории каждого вида) напротив каждой из компонент числа от 1 до 17 в зависимости от того, какая компонента имеет больший вес при определении сложности навигационной ситуации для данного вида акватории. В случае если эксперт считал, что сложность навигационной ситуации не зависит от той или иной компоненты, то он ставил вместо числа прочерк, а при равенстве весов, то есть в

случае одинаковой значимости компоненты для определения CNS, – одинаковое, следующее по порядку число (количество используемых чисел тогда становилось меньше 17).

Обработка результатов опроса по листу № 1 проводилась следующим образом. На первом этапе для опросных листов тех экспертов, которые посчитали две или более навигационные ситуации равными по рангу сложности, при этом общее количество рангов стало меньше 20, была проведена переоценка для восстановления 20-бальной шкалы ранжирования. Например, если для каких-либо пяти навигационных ситуаций экспертом указаны следующие ранги: 16; 17; 17; 17; 18, то есть три навигационных ситуации по мнению эксперта были одинакового уровня сложности, то при переоценке ранги записывались уже так: 16; 18; 18; 18; 20. Другой пример: ранги 11; 12; 12; 13 переоценивались в 11; 12,5; 12,5; 14.

На следующем этапе проставленные экспертами и уже переоцененные ранги переводились в обратную шкалу, то есть самой сложной по опросному листу навигационной ситуации с рангом 1 присваивалось 20 баллов, с рангом 2 – 19 и т.д. Иными словами, количество баллов было равно добавлению ранга до 21.

Для каждой навигационной ситуации рассчитывалось среднее арифметическое значение набранных баллов, и все 110 навигационных ситуаций были расставлены в порядке убывания этих значений.

После качественного контекстного анализа всех представленных навигационных ситуаций, предполагаем, что для наиболее сложных из них (средний балл – 20)  $CNS=0,900$ , а для наименее сложных (средний балл – 1)  $CNS=0,300$ . Для остальных навигационных ситуаций значение сложности заключено между значениями 0,3 и 0,9 и пропорционально рассчитанному среднему баллу, то есть для перевода значения ранга  $S$  в значение CNS (назовём его ожидаемым) использовалось равенство:

$$CNS = 0,3 + \frac{0,9 - 0,3}{20 - 1}(S - 1). \quad (3.4)$$

Последним этапом обработки результатов опроса по листу № 1 является группировка навигационных ситуаций в зависимости от вида акватории и ранжирование их внутри групп по убыванию ожидаемого значения CNS.

Подобным образом проводилась обработка результатов опроса по листу № 2, но с добавлением нового этапа. Так как эксперты имели право ставить прочерк напротив компонент, которые они считали незначимыми, то могло уменьшаться не только количество рангов, но и количество ранжируемых компонент. В таком случае для восстановления 17-бальной шкалы необходимо провести не только описанную выше переоценку рангов, но и умножить каждое из значений на коэффициент, равный отношению количества анализируемых компонент (то есть 17) к количеству ранжируемых компонент, оставшихся после исключения экспертом компонент незначимых.

Итогом обработки результатов опроса по листу № 2 является таблица 3.2, в которой напротив каждой из компонент указан средний ранг значимости этой компоненты  $A_{i,j}$  при определении сложности навигационной ситуации (три значения – отдельно для каждого вида акватории).

Проанализируем другие способы решения поставленной задачи. Одним из возможных вариантов является обобщение и анализ (многофакторный или информационно-логический) информации о навигационных ситуациях, имевших место при авариях и инцидентах на море, об изменении характеристик судопотока при сменах навигационных ситуаций на определённых акваториях. Однако в большинстве аварий и инцидентов на море навигационная ситуация не является единственной или основной детерминантой, определяющей вероятность морского происшествия, как правило, в сочетании с человеческим фактором.

Зависимость характеристик судопотока от навигационной ситуации не имеет строгой формы, различна для разных акваторий и может дать лишь

приближённую оценку коэффициентов только тех компонент навигационной ситуации, которые не связаны с характеристиками судов и их движением.

Таблица 3.2 – Ранги значимости компонент навигационной ситуации

<i>i</i>	КОМПОНЕНТЫ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ	РАНГИ		
		Зона открыто- го моря, <i>j=1</i>	Зона прибреж- ного пла- вания, <i>j=2</i>	Зона стеснён- ного пла- вания, <i>j=3</i>
2	Глубина (мелководье или глубокая вода)	1,60	8,91	12,68
3	Оснащённость района СНО	1,54	13,01	11,77
4	Наличие надводных и подводных препятствий	6,77	9,68	11,77
5	Скорость ветра	13,38	10,06	8,07
6	Курсовой угол ветра	11,32	6,24	4,93
7	Сила волнения	15,05	10,07	4,89
8	Курсовой угол волнения	12,43	5,52	2,93
9	Скорость течения	3,03	5,38	7,61
10	Курсовой угол течения	2,43	5,91	5,00
11	Видимость	12,86	15,34	16,14
12	Ледовая обстановка	9,31	9,76	5,25
13	Степень обледенения	11,36	11,16	8,16
14	Интенсивность и плотность движения судов	7,51	13,39	14,59
15	Количество опасных целей	5,81	11,64	14,00
16	Скорость Вашего судна	4,75	8,20	11,43
17	Размеры Вашего судна	5,39	3,68	9,57
18	Качество и количество местных правил	0,60	3,98	4,11

Кроме того, навигационная ситуация – субъективно-объективный феномен, субъективизм которого определяется как непосредственной представленностью его субъекту (судоводителю) так и тем, что оцениваемые компоненты включены в понятие «навигационная ситуация» по результатам анализа практики судовождения, то есть деятельности человека в процессе управления судном.



### 3.3 Определение базовых коэффициентов

Для определения искомых базовых коэффициентов с использованием результатов экспертного оценивания сделаем допущение, что эти коэффициенты относятся друг к другу так, как представлено в таблице соотношения весов коэффициентов (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Соотношение весов коэффициентов

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	$A_{2,j}$	-	-	-
3	$A_{3,j}/2$	$A_{3,j}$	-	-
4	$A_{4,j}/2$	$A_{4,j}$	-	-
5	$A_{5,j}/4$	$A_{5,j}/2$	$3A_{5,j}/4$	$A_{5,j}$
6	$A_{6,j}/3$	$2A_{6,j}/3$	$A_{6,j}$	-
7	$A_{7,j}/4$	$A_{7,j}/2$	$3A_{7,j}/4$	$A_{7,j}$
8	$A_{8,j}/3$	$2A_{8,j}/3$	$A_{8,j}$	-
9	$A_{9,j}/4$	$A_{9,j}/2$	$3A_{9,j}/4$	$A_{9,j}$
10	$A_{10,j}/3$	$2A_{10,j}/3$	$A_{10,j}$	-
11	$A_{11,j}/4$	$A_{11,j}/2$	$3A_{11,j}/4$	$A_{11,j}$
12	$A_{12,j}/4$	$A_{12,j}/2$	$3A_{12,j}/4$	$A_{12,j}$
13	$A_{13,j}/3$	$2A_{13,j}/3$	$A_{13,j}$	-
14	$A_{14,j}/3$	$2A_{14,j}/3$	$A_{14,j}$	-
15	$A_{15,j}/3$	$2A_{15,j}/3$	$A_{15,j}$	-
16	$A_{16,j}/4$	$A_{16,j}/2$	$3A_{16,j}/4$	$A_{16,j}$
17	$A_{17,j}/4$	$A_{17,j}/2$	$3A_{17,j}/4$	$A_{17,j}$
18	$A_{18,j}/3$	$2A_{18,j}/3$	$A_{18,j}$	-

По данным таблиц 3.2 и 3.3 рассчитываем веса коэффициентов для всех трёх зон плавания (таблицы 3.4-3.6).

Таблица 3.4 – Веса коэффициентов для открытого моря

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	1,60	-	-	-
3	0,77	1,54	-	-
4	3,39	6,77	-	-
5	3,35	6,69	10,04	13,38
6	3,77	7,55	11,32	-
7	3,76	7,52	11,29	15,05
8	4,14	8,29	12,43	-
9	0,76	1,52	2,27	3,03
10	0,81	1,62	2,43	-
11	3,22	6,43	9,65	12,86
12	2,33	4,65	6,98	9,31
13	3,79	7,58	11,36	-
14	2,50	5,01	7,51	-
15	1,94	3,87	5,81	-
16	1,19	2,38	3,57	4,75
17	1,35	2,70	4,04	5,39
18	0,20	0,40	0,60	-

Таблица 3.5 – Веса коэффициентов для зоны прибрежного плавания

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	8,91	-	-	-
3	6,50	13,01	-	-
4	4,84	9,68	-	-
5	2,51	5,03	7,54	10,06
6	2,08	4,16	6,24	-
7	2,52	5,03	7,55	10,07
8	1,84	3,68	5,52	-
9	1,34	2,69	4,03	5,38

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
10	1,97	3,94	5,91	-
11	3,83	7,67	11,50	15,34
12	2,44	4,88	7,32	9,76
13	3,72	7,44	11,16	-
14	4,46	8,93	13,39	-
15	3,88	7,76	11,64	-
16	2,05	4,10	6,15	8,20
17	0,92	1,84	2,76	3,68
18	1,33	2,65	3,98	-

Таблица 3.6 – Веса коэффициентов для зоны стеснённого плавания

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	12,68	-	-	-
3	5,89	11,77	-	-
4	5,89	11,77	-	-
5	2,02	4,03	6,05	8,07
6	1,64	3,29	4,93	-
7	1,22	2,44	3,66	4,89
8	0,98	1,95	2,93	-
9	1,90	3,81	5,71	7,61
10	1,67	3,33	5,00	-
11	4,03	8,07	12,10	16,14
12	1,31	2,63	3,94	5,25
13	2,72	5,44	8,16	-
14	4,86	9,73	14,59	-
15	4,67	9,33	14,00	-
16	2,86	5,72	8,57	11,43
17	2,39	4,78	7,18	9,57
18	1,37	2,74	4,11	-

Окончательно вариацией значений коэффициентов (учитывая, что при изменении одного любого значения – изменяются все остальные) были полу-

чены такие группы коэффициентов для каждого вида акватории, которые при расчёте по выражению (3.3) сложности включённых в опросные листы навигационных ситуаций давали наименьшую СКП по отношению к ожидаемым значениям CNS, полученным по результатам экспертного оценивания. Все рассчитанные базовые коэффициенты сведены в таблицу 3.7. При этом СКП составили: для коэффициентов, подлежащих к использованию в зоне открытого моря – 0,108; в зоне прибрежного плавания – 0,103; в зоне стеснённого плавания – 0,139.

Таблица 3.7 – Расчётные базовые коэффициенты

Номер компоненты	Вид акватории	Номер множества			
		1	2	3	4
2	j=1	0,019	-	-	-
	j=2	0,156	-	-	-
	j=3	0,231	-	-	-
3	j=1	0,009	0,019	-	-
	j=2	0,114	0,228	-	-
	j=3	0,107	0,214	-	-
4	j=1	0,041	0,082	-	-
	j=2	0,085	0,170	-	-
	j=3	0,107	0,214	-	-
5	j=1	0,040	0,081	0,121	0,161
	j=2	0,044	0,088	0,132	0,176
	j=3	0,037	0,073	0,110	0,147
6	j=1	0,045	0,091	0,136	-
	j=2	0,036	0,073	0,109	-
	j=3	0,030	0,060	0,090	-
7	j=1	0,045	0,091	0,136	0,181
	j=2	0,044	0,088	0,132	0,177
	j=3	0,022	0,044	0,067	0,089
8	j=1	0,050	0,100	0,150	-
	j=2	0,032	0,065	0,097	-
	j=3	0,018	0,036	0,053	-

Номер компоненты	Вид акватории	Номер множества			
		1	2	3	4
9	j=1	0,009	0,018	0,027	0,037
	j=2	0,024	0,047	0,071	0,094
	j=3	0,035	0,069	0,104	0,138
10	j=1	0,010	0,020	0,029	-
	j=2	0,035	0,069	0,104	-
	j=3	0,030	0,061	0,091	-
11	j=1	0,039	0,077	0,116	0,155
	j=2	0,067	0,135	0,202	0,269
	j=3	0,073	0,147	0,220	0,293
12	j=1	0,028	0,056	0,084	0,112
	j=2	0,043	0,086	0,128	0,171
	j=3	0,024	0,048	0,072	0,095
13	j=1	0,046	0,091	0,137	-
	j=2	0,065	0,130	0,196	-
	j=3	0,049	0,099	0,148	-
14	j=1	0,030	0,060	0,091	-
	j=2	0,078	0,157	0,235	-
	j=3	0,088	0,177	0,265	-
15	j=1	0,023	0,047	0,070	-
	j=2	0,068	0,136	0,204	-
	j=3	0,085	0,170	0,255	-
16	j=1	0,014	0,029	0,043	0,057
	j=2	0,036	0,072	0,108	0,144
	j=3	0,052	0,104	0,156	0,208
17	j=1	0,016	0,032	0,049	0,065
	j=2	0,016	0,032	0,048	0,065
	j=3	0,043	0,087	0,130	0,174
18	j=1	0,002	0,005	0,007	-
	j=2	0,023	0,047	0,070	-
	j=3	0,025	0,050	0,075	-

Рассчитанное по выражению (3.3) значение CNS позволяет получить ещё одну более удобную для использования в практических целях количест-

венную характеристику навигационной ситуации – ранг её сложности (таблица 3.8 [39]).

Таблица 3.8 – Ранги сложности навигационной ситуации и их описание

CNS	Ранг сложности	Лингвистическое наименование рангов и общее описание навигационных ситуаций
от 0,92	10	Критически тяжёлые навигационные ситуации. Плавание судна опасно и нежелательно. Велика вероятность гибели судна.
от 0,85 до 0,92	9	Тяжёлые навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная предельная концентрация внимания, максимальное проявление знаний, опыта и умения принимать нестандартные решения. Ошибка судоводителя, как правило, приводит к возникновению аварийной ситуации.
от 0,75 до 0,85	8	
от 0,65 до 0,75	7	Навигационные ситуации средней тяжести (умеренные). Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная концентрация внимания, проявление знаний, опыта. Быстрые возвратные действия при совершении ошибки позволят судоводителю не допустить возникновения аварийной ситуации.
от 0,55 до 0,65	6	
от 0,45 до 0,55	5	Нормальные навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания судоводителю достаточно действовать в соответствии с общепринятыми алгоритмами, знания о которых получены во время теоретической подготовки. У судоводителя существует достаточно времени для исправления своей ошибки.
от 0,35 до 0,45	4	
от 0,25 до 0,35	3	Лёгкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется минимум стандартных действий. Ошибка судоводителя не критична.
от 0,15 до 0,25	2	
до 0,15	1	Сверхлёгкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя кроме надлежащего наблюдения каких-либо действий не требуется.

Покажем на примере использование метода при оценке сложности навигационных ситуаций, имевших место при двух столкновениях судов (таблица 3.9).

Первое из них, случилось 7 июня 2006 г. на реке Humber между судами Samskip Courier и Scagern [144]. Второе – между газовозом Gas Monarch и яхтой Whispa в Северном море 16 апреля 2007 г. [145].

Таблица 3.9 – Примеры вычисления ранга сложности навигационной ситуации

<i>i</i>	Samskip Courier		Scagern		Gas Monarch		Whispa	
	Состояние компоненты (номер множества)	$K_i$	Состояние компоненты (номер множества)	$K_i$	Состояние компоненты (номер множества)	$K_i$	Состояние компоненты (номер множества)	$K_i$
1	зона стеснённого плавания		зона стеснённого плавания		зона прибрежного плавания		зона прибрежного плавания	
2	мелководье (1)	0,231	мелководье (1)	0,231	-	0,000	-	0,000
3	-	0,000	-	0,000	-	0,000	-	0,000
4	-	0,000	-	0,000	-	0,000	-	0,000
5	2 балла (1)	0,037	2 балла (1)	0,037	3 балла (2)	0,088	3 балла (2)	0,088
6	траверзный (3)	0,090	траверзный (3)	0,090	кормовой (2)	0,073	носовой (1)	0,109
7	штиль (0)	0,000	штиль (0)	0,000	2 балла (1)	0,044	2 балла (1)	0,044
8	-	0,000	-	0,000	кормовой (2)	0,065	носовой (1)	0,032
9	3 уз (2)	0,069	3 уз (2)	0,069	2 уз (1)	0,024	2 уз (1)	0,024
10	встречное (2)	0,069	встречное (2)	0,069	попутное (1)	0,035	встречное (2)	0,069
11	0,2 мили (4)	0,293	0,2 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293
12	-	0,000	-	0,000	-	0,000	-	0,000
13	-	0,000	-	0,000	-	0,000	-	0,000
14	(1)	0,088	(1)	0,088	(0)	0,000	(0)	0,000
15	(1)	0,085	(1)	0,085	(1)	0,068	(1)	0,068
16	11,5 уз (3)	0,156	10 уз (2)	0,104	14,3 уз (3)	0,108	4,5 уз (1)	0,036
17	140,59 м (3)	0,130	106 м (3)	0,130	99 м (2)	0,032	15 м (1)	0,016
18	(2)	0,050	(2)	0,050	-	0,000	-	0,000
CNS		0,757		0,743		0,581		0,523
Ранг		<b>8</b>		<b>7</b>		<b>6</b>		<b>5</b>

Для проверки достоверности метода было проведено экспертное оценивание, в процессе которого 10 экспертам было предложено с использованием таблицы 3 оценить по пять навигационных ситуаций. Одновременно для каждой из ситуаций по обоснованному методу произведен расчет ранга сложности. В итоге коэффициент ранговой корреляции между оценками экспертов и расчетными значениями составил 0,979, что свидетельствует о достоверности метода.

Кроме того, достоверность была подтверждена соответствием результатов применения метода данным по аварийности морских судов. Так, по информации EMSA из всех морских аварий, случившихся за период с 2011 по 2016 год, около 55% произошло в зоне стесненного плавания, 28% – в зоне прибрежного моря, остальные – в открытом море. В процессе оценки достоверности была исследована динамика изменения сложности навигационной ситуации при плавании 37 судов по маршруту Балтийское море – Балтийские проливы – Северное море – пролив Ла-Манш – Атлантический океан. Для каждой зоны плавания были вычислены средние по времени значения сложности. В порядке убывания этих значений акватории плавания расположились следующим образом: «зона стесненного плавания – зона прибрежного плавания – открытое море». Очевидно, что таким же образом располагаются акватории и в порядке убывания количества аварий.

### 3.4 Выводы по третьей главе

Представленный метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации как элемента системы «судоводитель в ситуации», в первую очередь, предназначен для оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна.

Кроме того, метод может быть использован в расчёте риска различных операций, связанных с судовождением, при расследовании морских аварий и инцидентов, а в учебных целях – для более глубокого понимания обучающимися сущности понятия «навигационная ситуация».

В перспективе возможно включение текущего значения CNS в число



данных, необходимых вахтенному помощнику для обеспечения навигационной безопасности плавания судна, с отображением этого значения на специальном индикаторе и с записью динамики изменения CNS в течение рейса в приборе регистрации данных. Реализация подобной перспективы во многом зависит от автоматизации метода, возможность которой очевидна из самой его структуры. При этом автоматизация может быть двух уровней: автоматизация расчёта CNS по выражению (3.3) с ручным вводом всех исходных значений и полная автоматизация, основанная на специальном программном обеспечении, связанном с навигационными, гидрометеорологическими и другими датчиками – источниками необходимой для расчётов информации (лагом, САРП и т.д.)

## 4 Обоснование и разработка метода оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации в морском судовождении

### 4.1 Анализ детерминант влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна

Одним из аргументов формулы (2.1) является «изолированный» человеческий фактор. Смысл изолированности заключается в том, что этот аргумент должен быть определён безотносительно к навигационной ситуации. Может показаться, что имеет место подмена понятий, и под *HF* необходимо понимать «личный фактор», как он описан в параграфе 1.2, то есть комплекс характеристик человека без связи с техническими средствами и их характеристиками. Однако «изолированный» человеческий фактор подразумевает «общение» судоводителя с судном и техническими средствами (и проявляется только при этом взаимодействии), но не связан с конкретной навигационной ситуацией, как отображением состояния внешней рабочей среды.

Проведя аналогию с физическими терминами, можно сравнить здесь человеческий фактор с электрическим зарядом  $q$ , а множество навигационных ситуаций с электростатическим полем, каждая точка которого обладает своим потенциалом  $\varphi_i$  (как каждая навигационная ситуация обладает своей сложностью  $CNS_i$ ). Тогда при внесении заряда  $q$ , величина которого не зависит от характеристик поля (как и потенциал поля не зависят от величины заряда), в точку поля с потенциалом  $\varphi_i$  он будет обладать энергией  $W_i = q\varphi_i$ , при этом перемещение в точку поля с другим потенциалом приведёт к изменению энергии. Так и судоводитель с некоторым показателем *HF*, попадая в навигационную ситуацию сложностью  $CNS_i$  (при этом *HF* и  $CNS_i$  не зависят друг от друга) действует иным образом, чем в навигационной ситуации другой сложности. Имеется виду, естественно, не регламентированный (правилами или хорошей морской практикой) порядок действий, соответствующий

ший той или иной навигационной ситуации, а адекватность действий судоводителя.

Сама идея оценивания человеческого фактора на первый взгляд кажется несколько некорректной. Однако необходимо признать, что существуют объективные причины необходимости формализации человеческого фактора. Вместе с тем, в процессе разработки метода оценки человеческого фактора появляется ряд труднопреодолимых препятствий. Действительно, человек – такая сложная, мультикомпонентная, гипердинамичная, и, главное, трудно прогнозируемая, субстанция, что создание подобного метода кажется чуть ли не утопией. Для судна можно создать модель, изучить её в бассейне и сделать определённые, довольно-таки точные, выводы о свойствах судна-прототипа. Проведение подобных операций с человеком на настоящем этапе развития науки невозможно [35, 44, 46].

Одновременно, нельзя не заметить, что теория допускает создание моделей, описывающих любые явления, процессы и предметы, и человек здесь не исключение. Проблема – добиться максимальной адекватности и правдоподобия модели. Для этого объект исследования необходимо наиболее полно структурировать и изучить по отдельности каждый элемент и его влияние на состояние объекта; чем больше элементов будет иметь структура, тем адекватнее будет модель. Другими словами, вместе с количеством элементов к бесконечности будет стремиться и адекватность модели. Практическая же значимость такой модели будет стремиться к нулю. Например, занимавшаяся компьютерным моделированием мыслительного процесса человека группа учёных во главе с Дж. Ланганом-Фоксом в 2001 году вынуждена была признать, что на решение некоторых поставленных задач даже самому мощному из существующих компьютеров понадобится несколько лет [3].

Таким образом, один из вопросов, подлежащих решению при разработке метода оценки человеческого фактора – это нахождение компромисса между адекватностью и простотой.

Вторая проблема – это оценка составляющих человеческого фактора,

которые обладают значительной динамикой. Действительно, такие параметры, как физическая усталость, психическая напряжённость в течение рейса варьируются в значительных пределах, что влечёт за собой и изменчивость оценки человеческого фактора. Скорость судна, его курс и многие другие параметры отражаются в режиме реального времени на соответствующих индикаторах – трудно представить себе прибор, аналоговый или цифровой индикатор которого будет отображать текущее состояние судоводителя. Конечно, можно возложить на капитана судна (или иное лицо) обязанность по мониторингу состояния вахтенного помощника с использованием какой-либо методики, но такой контроль не будет непрерывным хотя бы из-за того, что у капитана достаточно иных обязанностей по обеспечению безопасности мореплавания, а любая дискретность в подобном мониторинге противоречит его целям и самой сущности оценки. Для решения этой проблемы при определении количественной оценки человеческого фактора необходимо заменить динамические параметры такой их характеристикой, как устойчивость. Например, вместо психической напряжённости судоводителя будет оцениваться его способность противостоять негативным последствиям психической напряжённости, или, иначе, способность судоводителя, находящегося в состоянии напряжённости, поддерживать иные параметры – статические компоненты человеческого фактора (реакция, дисциплинированность, внимательность и т.п.) – постоянными. Иными словами, для оценки человеческого фактора необходимо оценить стрессоустойчивость судоводителя, которую можно получить априори как в количественном, так и в качественном виде при помощи известных методик.

Анализ различных научных работ показывает, что многие исследователи придерживаются такого же мнения, придавая стрессоустойчивости определяющую роль в поведении человека при его взаимоотношениях с внешней средой.

Так, исследования Незавитиной Т.С. [85, 86] показали, что именно стрессоустойчивость является ведущим и наиболее важным профессиональ-

ным качеством лоцмана, наличие и развитие которого обеспечивает надежность, безопасность профессиональной деятельности и сохранение здоровья работающих. Данный вывод можно обоснованно перенести на остальных, не являющихся лоцманами, судоводителей.

Примером негативного влияния низкой стрессоустойчивости судоводителя на безопасность мореплавания может служить столкновение судов *Amenity* и *Tor Dania*, случившееся на реке *Humber* (Великобритания) утром 23 января 2005 года [143]. Два судна шли противоположными курсами и, предположительно, должны были расходиться левыми бортами. По этой причине капитан *Amenity* ожидал увидеть в поле своего зрения красный огонь левого борта встречного судна. Однако в какой-то момент времени вахтенный помощник *Tor Dania* – судна, имеющего преимущество при расхождении как движущееся по течению, принял решение обойти надводное препятствие и сманеврировал так, что капитан *Amenity* неожиданно для себя увидел не красный, а зелёный огонь правого борта *Tor Dania*. Данное обстоятельство ввело в замешательство капитана *Amenity*, и он принял неправильное решение, дав полный задний ход с перекладкой руля на борт. Такой манёвр привёл к столкновению судов.

При официальном расследовании аварии оценка стрессоустойчивости капитана *Amenity* не проводилась. Вместе с тем, анализ обстоятельств столкновения позволяет сделать вывод, что низкий уровень стрессоустойчивости стал одной из основных причин неправильной и поспешной оценки ситуации, потери контроля над ней, ошибочного решения и последующего за ним столкновения.

Устойчивость охватывает сохраняемость процесса в целом (последовательность состояний во времени) и имеет активный характер. Если система устойчива, то она относительно инвариантна, что не противоречит изменению состояния в границах некоторого допустимого диапазона. Когда воздействие кратковременно, единично, тогда устойчивость проявляется в том, насколько быстро система вернется к прежнему состоянию. Если воздействия

продолжительны по времени или многократно повторяются, что более свойственно для работы судоводителя, то устойчивость проявляется в переходе системы из одного состояния в другое, при этом сохраняются основные внутренние взаимосвязи [4].

Устойчивость судоводителя связывается с его умением ориентироваться на определенные цели, характером временной перспективы, организацией своей деятельности. Таким образом, устойчивость ведет к оптимальному взаимодействию судоводителя с внешней средой, которое является основой безопасности плавания.

Однако необходимо заметить, что негативное влияние на безопасность мореплавания оказывает не только низкая устойчивость судоводителя, но и, наоборот, его гиперустойчивость, граничащая с ригидностью. Проиллюстрируем этот тезис следующими примерами.

7 июня 2006 года в устье всё той же реки Humber столкнулись сухогруз Skagerh и контейнеровоз Samskip Courier [144], притом, что на борту обоих судов находились лоцманы. Однако совместная работа лоцманов была настолько несогласованной, что штатная ситуация расхождения переросла в экстремальную и закончилась столкновением судов. Вместе с тем, капитан контейнеровоза, который, несмотря на присутствие лоцмана, непосредственно и единолично несёт ответственность за безопасность судна, до последнего момента спокойно и отстраненно наблюдал за развитием ситуации, считая некорректным вмешиваться в работу лоцмана.

12 апреля 2007 года багамский газовоз Gas Monarch следовал в Северном море со скоростью 14,3 уз, когда на дистанции 6 миль на экране его РЛС появилась яхта Whispa [145]. При дистанции между судами 5,5 миль вахтенный помощник газвоза отвернул влево, чтобы чисто разойтись с яхтой правыми бортами. При сближении судов до 3 миль радиолокационный контакт с яхтой был утерян. Вахтенный помощник доложил капитану об исчезновении цели с экрана РЛС и продолжил заниматься своими рутинными делами. Таким образом, даже исчезновение опасной цели в процессе расхождения с эк-

рана радара не заставило судоводителя на мостике беспокоиться. Через считанные минуты суда столкнулись.

В обоих случаях причиной неадекватного поведения судоводителей являлся не только их низкий профессионализм, но и гиперустойчивость.

Таким образом, стрессоустойчивость – это индивидуальная целостная характеристику судоводителя, влияющую на результат его деятельности (а значит и на безопасность мореплавания) в различных навигационных ситуациях и обеспечивающая устойчивость судоводителя к их фрустрирующему и стрессогенному воздействию.

Терминология МЧС [83] включает в себя синонимичный стрессоустойчивости термин «психологическая устойчивость» и дает ему следующее определение, полностью согласующееся с выводами проведенного анализа.

Психологическая устойчивость – это «...совокупность определённых качеств и свойств психики, благодаря которым организм сохраняет способность к адекватной и эффективной жизнедеятельности под воздействием каких-либо неблагоприятных факторов. Степень устойчивости – величина непостоянная и зависит от следующих факторов: зоны стабильности – количество воздействий, которые человек может выдержать при условии, что они не будут иметь разрушительный характер; знания алгоритма действий, несущих положительный результат в определённых ситуациях; профессиональных навыков; навыков саморегуляции; знания особенностей поведения и реакций человека в определённых ситуациях; свойства нервной системы и т.п.» [83].

К сожалению, в процессе профессионального отбора стрессоустойчивость будущего судоводителя не оценивается. При расследовании происшествий на море оценка стрессоустойчивости судоводителей, имеющих непосредственное отношение к этим происшествиям, проводится редко и поверхностно. Какие-либо распространённые и общепринятые методики повышения уровня стрессоустойчивости при подготовке будущих специалистов и в процессе повышения квалификации практикующих судоводителей не приме-

няются. Вместе с тем, контекстуальный анализ докладов о расследовании как приведённых выше, так и множества других аварий на море (причём не только столкновений) косвенно указывает на зависимость безопасности судоходства от стрессоустойчивости судоводителя.

Представленные выше анализ и определение дают возможность формализовать стрессоустойчивость судоводителя в виде некоторого случайного процесса вида:

$$X = X(f_1, f_2, \dots, f_n, t),$$

где  $f_1, f_2, \dots, f_n, t$  – перечисленные выше факторы, от которых зависит стрессоустойчивость.

Проявление стрессоустойчивости (например, в течение одной вахты) является реализацией случайного процесса, т.е. функцией  $x_1(t)$ , при этом в другой промежуток времени (и даже при тех же условиях) реализация случайного процесса будет в общем случае иной –  $x_2(t)$ . Таким образом, на данном этапе стрессоустойчивости имеет тот же недостаток, что и составляющие человеческого фактора, по отношению к которым она имеет интегральный характер, т.е. непостоянство (динамичность).

Однако изменчивость стрессоустойчивости ограничена определенным интервалом, свойственным конкретному судоводителю. Поэтому стрессоустойчивость – это не просто процесс, а процесс стационарный, продолжающийся во времени неопределенно долго. Следовательно, одна из характеристик этого процесса – математическое ожидание – является постоянной величиной. При очевидной невозможности определить само математическое ожидание, можно измерить его точечную оценку (оценку стрессоустойчивости), используя для этого различные методики.

Из всех существующих методов исследования (наблюдение, эксперимент, моделирование и т.д.) в целях оценки стрессоустойчивости судоводи-



теля более всего подходит тестирование, так как именно этот метод легко реализуем на практике, не требует особых профессиональных знаний и навыков и наиболее оперативен. Многие крупные судоходные компании (например, Teekaу) свои кадровые решения основывают в числе прочего и на результатах тестов, прохождение которых обязательно для кандидатов на занятие должностей плавсостава.

Одной из таких методик является тест «Прогноз-2» [6, 79], основанный на тесте из 86 вопросов и разработанный Ю.В. Рыбниковым. На каждый из вопросов обследуемый должен дать ответ «да» или «нет».

Обработка результатов выполнения теста осуществляется с помощью специальных «ключей» в том числе и по шкале достоверности (искренности). Полученные обследуемым баллы (первичный балл) по таблице 4.1 переводятся в десятибалльную шкалу. Тем самым определяется количественная оценка – уровень стрессоустойчивости.

Таблица 4.1 – Интерпретация результатов тестирования по методике «Прогноз-2»

<b>Первичный балл</b>	<b>Уровень</b>	<b>Выводы</b>
более 41	<b>1</b>	<i>Неудовлетворительная стрессоустойчивость.</i> Очень велика вероятность неадекватных действий не только в экстремальных, но и в нормальных условиях.
35-40	<b>2</b>	
29-34	<b>3</b>	<i>Удовлетворительная стрессоустойчивость.</i> Неадекватные действия вероятны в экстремальных ситуациях, при значительных физических и психических нагрузках.
21-28	<b>4</b>	
16-20	<b>5</b>	
10-15	<b>6</b>	<i>Хорошая стрессоустойчивость.</i> Срывы маловероятны. Все действия, как правило, адекватны.
6-9	<b>7</b>	
4-5	<b>8</b>	
2-3	<b>9</b>	<i>Высокая стрессоустойчивость.</i> Присутствует склонность к ригидности.
0-1	<b>10</b>	

Кроме того, таблица 4.1 представляет полученные результаты ещё в одной – качественно-количественной – шкале, где уровень стрессоустойчивости определяется своим лингвистическим описанием. Это даёт возможность использовать в целях оценивания «изолированного» человеческого фактора через стрессоустойчивость любые другие методики, которые существуют или могут быть разработаны в процессе исследования в рамках других отраслей наук. Результаты применения этих методик через качественное описание могут быть переведены в уровни стрессоустойчивости, представленные в таблице 4.1.

Валидность, надёжность и достоверность методики «Прогноз-2» были исследованы и в результате подтверждены двумя разнесёнными по времени тестированиями курсантов БГАРФ 3-6 курсов специальности «Судовождение» (109 человек), а также сопоставлением с результатами продолжительных наблюдений за поведенческими реакциями курсантов на различные ситуации [47].

В целях апробации методики «Прогноз-2» было проведено два исследования. Первое заключалось в сравнительном анализе стрессоустойчивости курсантов-судоводителей 3-5 курсов и курсантов и студентов тех же курсов других специальностей. Второе – в сравнении стрессоустойчивости практикующих судоводителей и представителей других, не связанных с экстремальными условиями, профессий. Всего к исследованиям было привлечено 298 человек [47].

## 4.2 Концепция матрицы экстремальности

Аналитически описать функцию (2.1) довольно затруднительно. Однако можно воспользоваться табличным представлением, идея которого была подсказана в числе прочего и матрицей, используемой Регистром для оценки рисков в судоходстве [108].

Используя принцип построения матрицы рисков Регистра, сформируем

матрицу экстремальности (рисунок 4.1), описывающую зависимость (2.1) [12, 36].

<b>Человеческий фактор</b>	Очень низкий уровень	5	УЭ (5)	ВЭ (10)	ВЭ (15)	ОВЭ (20)	ОВЭ (25)
	Низкий уровень	4	НЭ (4)	УЭ (8)	ВЭ (12)	ОВЭ (16)	ОВЭ (20)
	Средний уровень	3	НЭ (3)	УЭ (6)	ВЭ (9)	ВЭ (12)	ВЭ (15)
	Высокий уровень	2	НЭ (2)	НЭ (4)	УЭ (6)	УЭ (8)	ВЭ (10)
	Очень высокий уровень	1	НЭ (1)	НЭ (2)	НЭ (3)	НЭ (4)	УЭ (5)
<b>МАТРИЦА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ Вариант А.</b>			1	2	3	4	5
			Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
			<b>Сложность навигационной ситуации</b>				

Рисунок 4.1 – Матрица экстремальности. Вариант А

Однако используемый в матрице, представленной на рисунке 4.1, принцип вычисления показателя (уровня) экстремальности в виде произведения ни чем не оправдан. Если в случае матрицы рисков можно допустить, учитывая цели её использования, что степень риска определяется произведением частотности и количественной оценки последствий, то экстремальность зависит от человеческого фактора и характера навигационной ситуации более сложным образом.

Решить эту проблему поможет постановка эксперимента на навигационном тренажёре, суть которого будет описана ниже. Результатом такого эксперимента будут оценки адекватности поведения судоводителей в навигационных ситуациях различной сложности.

Кроме того, количество уровней человеческого фактора и рангов сложности навигационной ситуации, равное пяти (как показано в матрице экстремальности на рисунке 4.1) нельзя считать достаточным и обеспечивающим

необходимую точность оценивания влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания. Оптимальным здесь видится размер матрицы экстремальности 10x10. Обоснование этого размера (шкал оценивания сложности навигационной ситуации и человеческого фактора) будет приведено ниже, т.к. процесс конструирования шкал обусловлен рядом разнообразных факторов, как уже раскрытых, так и тех, которые получают свое объяснение в следующих параграфах.

Оценки человеческого фактора (уровни стрессоустойчивости) более оправданно расположить в порядке, обратном представленному на рисунке 4.1, то есть более высокому уровню должна соответствовать более высокая оценка, что облегчит зрительное восприятие матрицы экстремальности. Исходя из этих позиций, можно также отказаться от дублирования в матрице экстремальности количественных оценок качественными, удалив последние.

Таким образом, учитывая все сформулированные выше предложения можно придать матрице экстремальности иной, чем представлен на рисунке 4.1, вид (рисунок 4.2).

Уровень стрессоустойчивости	1	4,1	4,0	3,9	3,4	2,8	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1
	2	4,2	4,1	4,0	3,4	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2
	3	4,4	4,3	4,2	3,5	3,3	3,0	2,6	2,5	2,4	2,2
	4	4,5	4,4	4,3	3,7	3,5	3,3	2,8	2,5	2,4	2,3
	5	4,6	4,5	4,5	4,3	3,7	3,5	3,0	2,6	2,7	2,5
	6	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,6	3,4	3,0	2,8	2,7
	7	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,8	3,7	3,6	3,3
	8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,8	3,7	3,6
	9	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	4,0	3,9
	10	5,0	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	4,0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Ранг сложности навигационной ситуации										

Рисунок 4.2 – Матрица экстремальности. Вариант Б

В каждой ячейке этой матрицы представлены пока условные, а не полученные экспериментально, средние величины  $B_{cp.ij}$  оценок  $B_{kij}$  адекватности поведенческой реакции судоводителей с уровнем стрессоустойчивости  $P_i$  в навигационной ситуации ранга  $R_j$  сложности, которая будет вычисляться для  $k$  испытуемых судоводителей. Естественно, что реальные значения таких средних в общем случае будут другими.

В зависимости от значений  $B_{cp.ij}$  матрица разделится на следующие несколько областей:

- «красная область» ( $B_{cp.ij} < 3$ , ячейки заштрихованы) – область однозначно экстремальных навигационных ситуаций (критическая область);
- «жёлтая область» ( $3 \leq B_{cp.ij} < 4$ ) – область неоднозначно экстремальных навигационных ситуаций (буферная, промежуточная область);
- «зелёная область» ( $B_{cp.ij} \geq 4$ , значения выделены курсивом) – область однозначно неэкстремальных ситуаций (безопасная область).

Однако маловероятно, что после проведения эксперимента на тренажёре будет получена матрица экстремальности с диагональным расположением областей, так как максимально высокий уровень стрессоустойчивости (гиперустойчивость) судоводителя, граничащий с ригидностью, скорее вреден, а не полезен для навигационной безопасности. Таким образом, приходим ещё к одному, третьему, более вероятному, но не последнему виду матрицы экстремальности (рисунок 4.3).

Варианты А, Б, В этой матрицы наглядно иллюстрируют эволюцию рассуждений, итогом которой является матрица Г, представленная на рисунке 4.4.

Необходимость её построения обусловлена одной причиной, суть которой в следующем. Матрица В (рисунок 4.3), как уже было указано ранее, содержит в своих ячейках средние оценки адекватности поведенческой реакции судоводителей, значения которых варьируются согласно выбранному алго-

ритму от двух до пяти, причём меньшей экстремальности соответствует большее значение.

Уровень стрессоустойчивости	1	4,1	4,0	3,9	3,4	2,8	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1
	2	4,2	4,1	4,0	3,4	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2
	3	4,4	4,3	4,2	3,5	3,3	3,0	2,6	2,5	2,4	2,2
	4	4,5	4,4	4,3	3,7	3,5	3,3	2,8	2,5	2,4	2,3
	5	4,6	4,5	4,5	4,3	3,7	3,5	3,0	2,6	2,7	2,5
	6	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,6	3,4	3,0	2,8	2,7
	7	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,8	3,7	3,6	3,3
	8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,8	3,7	3,5
	9	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,2	3,8	3,6
	10	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	4,3	3,5	3,4	2,8	2,0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ранг сложности навигационной ситуации											

Рисунок 4.3 – Матрица экстремальности. Вариант В

Уровень стрессоустойчивости	1	0,30	0,33	0,37	0,53	0,73	0,77	0,83	0,87	0,93	0,97
	2	0,27	0,30	0,33	0,53	0,67	0,73	0,80	0,87	0,90	0,93
	3	0,20	0,23	0,27	0,50	0,57	0,67	0,80	0,83	0,87	0,93
	4	0,17	0,20	0,23	0,43	0,50	0,57	0,73	0,83	0,87	0,90
	5	0,13	0,17	0,17	0,23	0,43	0,50	0,67	0,80	0,77	0,83
	6	0,10	0,13	0,17	0,20	0,27	0,47	0,53	0,67	0,73	0,77
	7	0,10	0,10	0,13	0,17	0,20	0,27	0,40	0,43	0,47	0,57
	8	0,07	0,10	0,10	0,13	0,17	0,20	0,27	0,40	0,43	0,50
	9	0,03	0,07	0,10	0,10	0,13	0,17	0,20	0,27	0,40	0,47
	10	0,00	0,03	0,07	0,10	0,17	0,23	0,50	0,53	0,73	1,00
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ранг сложности навигационной ситуации											

Рисунок 4.4 – Матрица экстремальности. Вариант Г

Однако такое представление экстремальности не вполне удобно и на-

глядно. Поэтому предлагается в окончательной (рабочей) матрице использовать принцип «более экстремальным ситуациям соответствует большее значение критерия», а диапазон возможных значений принять от нуля до единицы.

С этой целью вместо элементов  $B_{cp.ij}$  матрицы В необходимо записать значения  $E_{ij}$ , рассчитываемые в данном случае по формуле:

$$E_{ij} = 1 - (B_{ij} - 2) / 3. \quad (4.1)$$

Тогда области матрицы будут определяться следующими значениями экстремальности  $E_{ij}$ : красная – более 0,66, жёлтая – от 0,33 до 0,66, зелёная – менее 0,33.

#### 4.3 Обоснование методики оценки адекватности поведенческих реакций судоводителя

Первоначально через анализ дефиниций ряда взаимосвязанных понятий необходимо определиться – что именно предстоит оценивать посредством обосновываемой методики.

Под поведением человека, как правило, понимаются направленные лично или социально значимые действия, источником которых является сам человек, и авторская ответственность за которые возлагается на него. В отличие от поведения реакция организма – это непреднамеренные изменения функционального состояния человека и автоматически вытекающие из него действия, ответственность за которые на человека не возлагается.

Однако в контексте настоящего исследования из всех реакций организма человека можно выделить реакции на раздражающие факторы, имеющие явные внешние проявления. Именно такие реакции организма человека и будем называть поведенческими. Например, повышение артериального давления у

курсанта, сдающего экзамен – это поведенческая реакция, а наличие этого явления при похмельном синдроме таковой не является.

Поведение человека, поведенческие реакции и стрессоустойчивость как оценка человеческого фактора коррелированы между собой, поэтому характер поведенческих реакций в определённой ситуации может по необходимости являться некоторым индикатором возможного поведения человека в этой ситуации и использоваться для оценки вероятности негативных последствий этого поведения. Таким образом, по наличию и характеру поведенческих реакций вахтенного помощника можно судить о его способности принимать адекватные ситуации решения и обеспечивать навигационную безопасность плавания судна.

На первый взгляд, полное отсутствие каких-либо поведенческих реакций является оптимальным вариантом. Однако это далеко не так – данное правило не распространяется в отношении поведенческих реакций судоводителя на навигационные ситуации, которые традиционно характеризуются как тяжёлые. Полная толерантность судоводителя в таких ситуациях свидетельствует о его гиперустойчивости и заниженном уровне тревожности, следствием чего может быть неспособность судоводителя из множества решений выбрать правильное.

Таким образом, простая оценка поведенческих реакций не всегда (не для всех навигационных ситуаций) отражает влияние человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна. Этому требованию, как раз, отвечает такое свойство, как адекватность, то есть соответствие поведенческих реакций судоводителя конкретной навигационной ситуации с определённым уровнем сложности.

За последние два десятилетия в Российской Федерации разработано немало инструментальных методов оценки деятельности человека, которые позволяют характеризовать функциональное состояние организма, получать его вегетативно-соматическую, электрофизиологическую, биологическую и другие характеристики, оценивать функциональное состояние мозга и психиче-



ское состояние.

Так, ряд исследователей использовали известный факт, что электрическая активность кожи (ЭАК), проявляющаяся в величине и характере электродермальных реакций (ЭДР), отражает процессы, происходящие в мозгу человека, являясь чувствительным индикатором его эмоционального состояния. В частности, в 1997 году Кичкиным В.И. предложено устройство для регистрации электрической активности кожи [90], а в 1998 г. Голченковым Л.А. и др. обоснован свой способ регистрации кожно-гальванических реакций и описано устройство для его осуществления [91].

Существуют и бесконтактные инструментальные способы как, например, предложенные в 2000 году Ставицким А.И. метод и устройство контроля психофизической реакции человека, которые могут быть использованы для системного психосоматического анализа реакций человека на разных уровнях состояний его жизнедеятельности [92].

К комплексным многокритериальным методам можно отнести способ оценки психического состояния и степени психической адаптации личности, предложенный Мирошник Е.В. [93]. В соответствии с этим способом измеряются параметры физиологических и психических функций человека, таких как температура тела, артериальное давление крови, показатели дыхания, параметры ЭКГ, сердечный ритм, ингредиенты крови и мочи, уровень макростресса, биоритмы на текущий день, самооценка состояния, психоэмоциональная устойчивость, подвижность-инертность (баланс нервной системы), уровень саморегуляции, уровень рефлексии, сила-слабость нервных процессов, уровень надежности психомоторной деятельности в экстремальных условиях, каждый из которых в числовом выражении находится в интервале от 0 до 1, где 0 соответствует наихудшему параметру, а 1 – наилучшему параметру. Затем по формуле вычисляют коэффициент  $D$ . При значениях  $0,80 < D < 1,00$  состояние оценивают отличным, при  $0,63 < D < 0,80$  – хорошее состояние, при  $0,37 < D < 0,63$  – удовлетворительное состояние, при  $0,20 < D < 0,37$  – плохое состояние, при  $0,20 < D < 0,00$  – очень плохое состояние.

Марищук В.Л. предлагает выявлять состояние напряжённости человека путём оценки трёх сопровождающих его компонентов: внешних проявлений эмоций (мимика, пантомимика, тремор), вегетативных физиологических реакций (изменение пульса, давления, дыхания) и устойчивости психических, психомоторных процессов. Заключение о том, имеет ли место напряжённость как эмоциональное состояние, можно сделать по табличному сопоставлению указанных компонентов, оцененных по девятибалльной системе [77].

В качестве основных критериев оценки психологической подготовки спасателей в структуре МЧС используются показатели их эмоциональной лабильности, возбудимости и реактивности. Эти показатели определяются по внешним эмоционально-волевым проявлениям после воздействия раздражителя. Уровень профессиональной подготовки спасателей оценивается по трехбалльной системе (высокий, средний, низкий), которому соответствует определенная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно»). Спасатели с низким уровнем психологической подготовки не могут быть допущены к работе в экстремальных условиях [120].

На основе анализа представленных подходов к оценке характеристик состояния человека можно сделать следующий вывод. Необходимость привлечения немалых человеческих, технических и временных ресурсов предельно усложняет применение описанных методов для оперативной оценки человеческого фактора в условиях полнофункционального навигационного тренажёра, а в случае реальных условий плавания делает это применение практически невозможным. Для целей настоящего исследования требуется более простая методика, основанная на визуальном наблюдении с минимальным привлечением сторонних ресурсов.

Для оценки поведенческих реакций судоводителя при его работе в условиях полнофункционального навигационного тренажёра предлагается использовать адаптированные (частично изменённые) критерии условных оценок внешних проявлений эмоций в мимике, скованности, треморе, вазомоторных реакциях, сформулированные Марищуком В.Л. [77]. Указанные критерии представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Условные оценки внешнего проявления эмоций

Характер эмоциональных проявлений	Оценка
<b>Мимика</b>	
Спокоен. Мимика уверенности, дыхание ровное	5
Слегка взволнован, чуть нахмурен лоб, приподняты брови, уголки губ могут быть слегка приподняты или губы слегка сжатые. Дыхание учащённое, но ритмичное	4
Заметно взволнован, брови высоко подняты, зубы сжаты, угол губ могут быть несколько опущены. Может быть небольшое изменение симметрии мимики. Дыхание учащённое и неритмичное	3
Сильно взволнован, зубы сжаты, желваки на щеках или же рот неестественно открыт, иногда с оскалом зубов, уголки рта опущены, заметная асимметрия мимики. Резко учащённое дыхание с сокращением фазы выдоха	2
Очень напряжён, оскал зубов, или губы вытянуты вперёд трубочкой, или сосательные движения, или губы вытянуты вперёд асимметрично	1
<b>Скованность</b>	
Координированные, лёгкие действия	5
Координированные движения, но с некоторыми заметными усилиями, изредка появляются лишние движения	4
Движения заметно напряжённые, плечи слегка приподняты, отдельные движения иногда сопровождаются всем телом, некоторая неуклюжесть, часто появляются лишние движения, стремление занять неестественную позу	3
Заметная скованность, движения с несоразмерными усилиями, отдельные движения сопровождаются всем телом, ясная раскоординированность	1-2
<b>Тремор</b>	
Тремор отсутствует	5
Небольшой тремор пальцев	4
Заметный тремор рук	3
Тремор рук и ног	2
Тремор рук, ног и лица	1
<b>Вазомоторные реакции</b>	
Обычная окраска лица	5
Слегка покраснел	4
Заметно покраснел или побледнел	3
Покраснел пятнами	1-2

Характер эмоциональных проявлений	Оценка
<b>Речь</b>	
Доклады производит по существу обычным спокойным голосом	5
Появляются лишние фразы, изредка возможно запинание, дрожание голоса	4
Доклады производит громче или тише обычного, возможно задержка в докладах, наблюдаются запинание и заикание, дрожание голоса.	3
Отдельные выкрики или переход на шепот, неразборчивость докладов, сквернословие	1-2

Для оценки поведенческих реакций судоводителя в различных навигационных ситуациях необходимо было провести ряд однотипных экспериментов, целью каждого из которых является оценка внешних эмоциональных проявлений судоводителя с известным уровнем стрессоустойчивости в процессе выполнения им задач в различных навигационных ситуациях на полнофункциональном навигационном тренажёре. Таким образом, независимой переменной в данном эксперименте является ранг сложности навигационной ситуации, независимой постоянной – уровень стрессоустойчивости судоводителя, зависимой переменной – внешнее проявление эмоций.

Для постановки эксперимента в первую очередь необходимо установить требования к экспериментаторам и испытуемым, используемым материалам и оборудованию, процедуру проведения эксперимента.

В качестве экспериментаторов к выполнению эксперимента следует привлекать двух участников: непосредственно инструктора тренажёра, отвечающего за правильную постановку задач и оценивающего выполнение задач испытуемым, а также регистратора, фиксирующего в протоколе любые изменения в поведении испытуемого.

Испытуемым в данном эксперименте является судоводитель, имеющий рабочий диплом и опыт несения навигационной ходовой вахты не менее пяти лет. Здесь подразумевается наличие у судоводителя не только теоретических

и практических знаний, но и его физическое и психическое здоровье. До начала или после окончания эксперимента при помощи специального теста определяется уровень стрессоустойчивости судоводителя.

Под материалом в данном эксперименте подразумевается задача, которую необходимо решить испытуемому на полнофункциональном навигационном тренажёре. Общая формулировка задачи: обеспечение безопасной проводки судна по заданному курсу в различных навигационных ситуациях. В начале выполнения задачи инструктор задаёт условия плавания, соответствующие навигационной ситуации первого или второго ранга сложности. Спустя некоторое время (около трёх минут) условия плавания меняются таким образом, чтобы ранг сложности навигационной ситуации увеличился на единицу. Каждые следующие три минуты навигационная ситуация меняется аналогичным образом до тех пор, пока ранг навигационной ситуации не станет равен девяти (последний этап выполнения задачи). В отдельно взятом эксперименте вариация рангов сложности навигационной ситуации для упрощения задачи может быть изменена. Например, в одной задаче ранг повышается от 1 до 6, в другой – от 5 до 9.

Оборудованием в описываемом эксперименте является непосредственно полнофункциональный навигационный тренажёр (например, тренажёр серии NTPro) и средства видеорегистрации: видеокамера со штативом, вебкамера или аналогичные средства.

Процедура проведения эксперимента заключается в следующем.

Предварительно формируется конкретный пошаговый план выполнения задачи с указанием оперативного времени изменения условий плавания. Средства видеорегистрации устанавливаются таким образом, чтобы ракурс удовлетворял целям эксперимента.

Далее приглашается и инструктируется испытуемый, вносятся необходимые первичные данные в протокол эксперимента. Инструктаж не отличается от обычного, проводимого инструктором перед занятиями на тренажёре без эксперимента, за одним исключением – испытуемый предупреждается,

что его действия и поведение будут записываться на видеокамеру и в дальнейшем анализироваться и оцениваться. Кроме двух экспериментаторов и испытуемого нахождение иных лиц в помещении тренажёра не желательно, так как с их стороны возможно негативное влияние на испытуемого, на ход и результаты эксперимента.

Непосредственно перед запуском задачи и началом эксперимента включается видеозапись. Далее инструктор даёт команду на начало выполнения задачи и запускает её.

Непосредственно в течение эксперимента инструктор выполняет свои обычные обязанности, а регистратор с использованием условных оценок, представленных в таблице 4.2, осуществляет измерение внешних проявлений эмоций у испытуемого. Особое внимание здесь необходимо уделять тем проявлениям, идентификация которых на видеозаписи представляет некоторые затруднения (например, вазомоторные реакции). Результаты измерений (то есть появление каких-либо эмоций) регистратор заносит в таблицу визуальных измерений протокола (фрагмент которой представлен в таблице 4.3), отмечая в верхней её строчке оперативное время и делая любую отметку напротив соответствующей характеристики эмоционального проявления (отметки в строчке с оценкой «5» не ставятся).

По окончании эксперимента инструктор оценивает действия испытуемого по пятибалльной системе по критерию обеспечения безопасности плавания для каждого этапа задачи и по желанию в свободной форме отражает своё мнение в протоколе. Протокол эксперимента, как основной документ, отражающий ход эксперимента и его результаты, должен включать в себя следующие разделы:

- идентификационные данные испытуемого, при этом фамилия и инициалы заносятся в протокол только при согласии испытуемого, в противном случае – эти данные шифруются так, чтобы избежать дальнейшей путаницы; в обязательном порядке указываются опыт работы испытуемого и уровень его стрессоустойчивости (результата-

ты тестирования прикладываются к протоколу);

Таблица 4.3 – Фрагмент таблицы визуальных наблюдений

Характер эмоциональных проявлений		Усл. оценки	Оперативное время																
			30 с	1 м 10 с	5 м 25 с														
Мимика	Характеристика эмоциональных проявлений (из таблицы 4.1)	5																	
		4	х																
		3																	
		2																	
		1																	
Скованность		5																	
		4		х															
		3																	
		1-2																	
Тремор		5																	
		4																	
		3			х														
		2																	
		1																	

- идентификационные данные инструктора и регистратора (достаточно указать фамилию с инициалами и должность);
- оборудование;
- дата, время начала и окончания эксперимента, его фактическая продолжительность;
- содержание задачи в табличной форме с указанием планируемого и фактического оперативного времени моментов перехода от одной навигационной ситуации к другой;
- таблица визуальных измерений по форме таблицы 4.3;
- оценка инструктора;
- лист замечаний инструктора;
- лист расшифровки видеозаписи;

- таблица расшифровки видеозаписи (также по форме таблицы 4.3);
- объединённая таблица измерений и оценок.

После окончания эксперимента, заполнения таблицы визуальных измерений, оценивания действий испытуемого инструктором необходимо просмотреть и проанализировать (расшифровать) видеозапись. В лист расшифровки вносится подробное лингвистическое описание эмоциональных проявлений испытуемого в процессе выполнения задачи, а таблица расшифровки видеозаписи заполняется так же, как и таблица визуальных измерений.

Далее таблица визуальных измерений и таблица расшифровки видеозаписи объединяются, при этом вместо оперативного времени указывается ранг навигационной ситуации (таблица 4.4).

Оценка поведенческих реакций определяется для навигационных ситуаций каждого ранга сложности как наименьшая из условных оценок эмоциональных проявлений испытуемого при выполнении им задачи в условиях соответствующей навигационной ситуации. Полученная оценка записывается отдельной строкой в объединённую таблицу измерений и оценок (таблица 4.4). Под строкой оценок реакции записываются соответствующие оценки инструктора.

Оценка адекватности поведенческих реакций (последняя строка объединённой таблицы измерений и оценок) производится следующим образом. Для рангов сложности навигационных ситуаций от 1 до 7 она определяется наименьшей из двух оценок – поведенческих реакций и выставленной инструктором, – полученных испытуемым при решении им задачи в условиях соответствующей навигационной ситуации.

Для рангов сложности навигационных ситуаций от 8 до 10 (критически тяжёлые и тяжёлые навигационные ситуации) оценка адекватности поведенческих реакций испытуемого определяется по таблице 4.5. Эта таблица сформирована по результатам анализа влияния гиперустойчивости судоводителя на его деятельность в сложных ситуациях.



Таблица 4.4 – Фрагмент объединённой таблицы измерений и оценок

		Ранг навигационной ситуации									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мимика	5	x	x	x	x						
	4					x	x	x			
	3								x		
	2									x	
	1										x
Скованность	5	x	x	x	x	x	x				
	4							x	x	x	x
	3										
	1-2										
Тремор	5	x	x	x	x	x	x	x			
	4										
	3								x	x	x
	2										
	1										
...											
Оценка реакций		5	5	5	5	4	3	3	3	2	1
Оценка инструктора		5	5	5	5	4	3	3	4	3	2
Оценка адекватности		5	5	5	5	4	3	3	3	2	1

Таблица 4.5 – Оценка адекватности поведенческих реакций при тяжёлых и критически тяжёлых навигационных ситуациях

		Наименьшее значение (оценка поведенческих реакций/оценка инструктора)				
		1	2	3	4	5
Ранг	8	1	2	3	5	3
	9	1	2	3,5	5	2,5
	10	1	2	3,5	5	2

Таким образом, последняя строка объединенной таблицы измерений и

оценок (таблица 4.4) будет являться конечным итогом эксперимента.

Одной из проблем, возникавшей при проведении эксперимента, являлась проблема мотивации.

Любой судоводитель прекрасно понимает, что от его неудачных действий при выполнении упражнений на тренажёре угрозы экипажу, судну и окружающей среде возникнуть не может.

По этой причине не стоит ожидать от испытуемого таких же ответственных действий, какие он предпринимает при несении навигационной вахты в реальных условиях плавания, и соответствующего проявления им своих индивидуальных личностных свойств. Таким образом, чтобы максимально приблизить условия тренажёрного эксперимента к реальным условиям плавания, необходимо наилучшим образом решить проблему мотивации (стимулирования) испытуемого.

В специальной литературе предложено множество способов мотивации испытуемого при проведении лабораторного эксперимента. Так, Марищук В.И. указал на 22 способа, включая монотонию, жажду, гипноз и др. [77]. Некоторые из них можно использовать для стимулирования испытуемого в рамках описываемого эксперимента. Например, чувство ответственности за выполнение задания может быть повышено во время инструктажа фразой: «Для проведения эксперимента Вы были выбраны из множества судоводителей как наиболее компетентный и способный решить поставленную задачу лучше других. От правильности Ваших действий зависит результат (корректность результата) большой научной работы».

#### 4.4 Результаты эксперимента

В период с февраля по сентябрь 2013 года на полнофункциональном навигационном тренажёре NTPro-3000 был проведён эксперимент, методика которого описана в параграфе 4.2. Результаты эксперимента представлены в таблице 4.6 (средняя оценка адекватности поведенческих реакций испытуе-

мых в навигационных ситуациях различной сложности), в таблице 4.7 и на рисунке 4.5, содержащей экспериментальный критерий экстремальности и на рисунке. В этих таблицах: УС – уровень стрессоустойчивости, N – количество испытуемых судоводителей по каждому из уровней стрессоустойчивости.

Таблица 4.6 – Результаты эксперимента (средние оценки адекватности)

УС	N	Ранг навигационной ситуации									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	7	4,43	4,29	4,14	3,71	3,57	3,29	2,86	2,57	2,43	2,29
5	6	4,50	4,33	4,17	3,83	3,67	3,50	3,00	2,83	2,67	2,50
6	7	4,57	4,43	4,29	4,00	3,86	3,71	3,29	3,00	2,86	2,71
7	5	4,70	4,60	4,40	4,20	4,00	3,80	3,60	3,40	3,20	3,10

Таблица 4.7 – Результаты эксперимента (критерий экстремальности)

УС	Ранг навигационной ситуации									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0,19	0,24	0,29	0,43	0,48	0,57	0,71	0,81	0,86	0,90
5	0,17	0,22	0,28	0,39	0,44	0,50	0,67	0,72	0,78	0,83
6	0,14	0,19	0,24	0,33	0,38	0,43	0,57	0,67	0,71	0,76
7	0,10	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,63

Таким образом, в эксперименте участвовало 25 судоводителей с уровнями стрессоустойчивости от 4 до 7.

Среди причин низкой репрезентативности эксперимента (как по количеству испытуемых, так и по уровню стрессоустойчивости) можно указать в качестве основных две следующие:

- для проведения эксперимента необходимо абсолютное сознательное согласие испытуемого и понимание сути всех действий, что в совокупности с необходимостью затратить немалое количество времени сделало возможным привлечь к участию не более 5% от числа судоводителей, проходивших в указанный период обучение на тренажёре;

– исследования показали, что 87,8% судоводителей имеют уровень стрессоустойчивости от 4 до 7 [47].

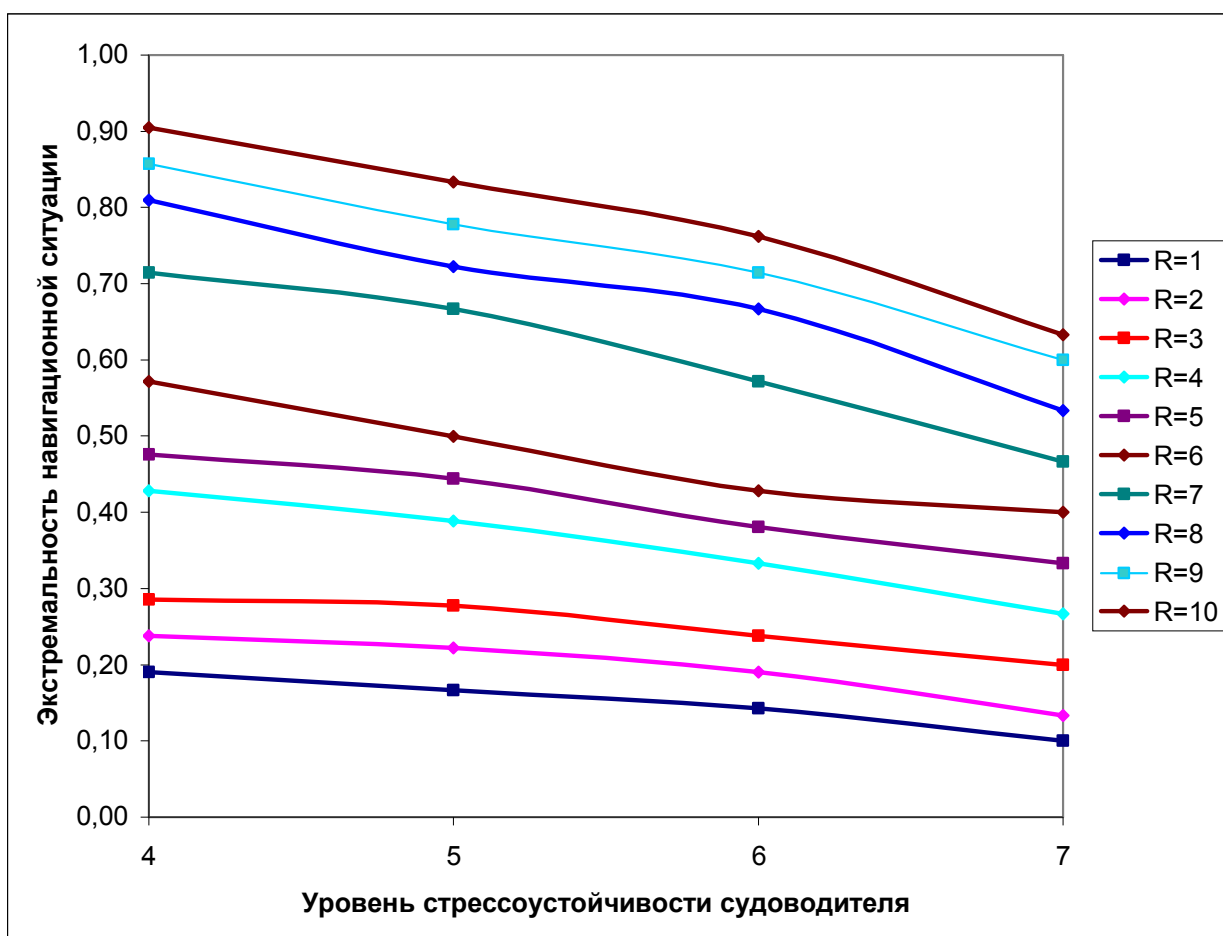


Рисунок 4.5 – Результаты эксперимента

По этим двум причинам полная рабочая матрица экстремальности не может быть построена только на основании эксперимента. С целью окончательного формирования матрицы кроме результатов эксперимента дополнительно были использованы спрогнозированные значения экстремальности, полученные при помощи результатов эксперимента статистическими методами, а также гипотезы, выдвинутые в параграфе 4.1 и реализованные в матрице на рисунке 4.4.

## 4.5 Формирование матрицы экстремальности

Будем считать, что для каждого из рангов сложности навигационной ситуации экстремальность линейно зависит от уровня стрессоустойчивости судоводителя:

$$E_{ij} = a_j HF_i + b_j. \quad (4.2)$$

С использованием метода наименьших квадратов рассчитаем для каждого  $j$ -го ранга сложности навигационной ситуации коэффициенты  $a_j$  и  $b_j$  и при известных уже значениях этих коэффициентов – значения экстремальности для  $i < 4$  и  $i > 7$  (таблица 4.8). В таблице 4.8 выделены значения экстремальности, полученные экспериментально.

Для наглядности построим график (рисунок 4.6), аналогичный представленному на рисунке 4.5.

Однако формальная аппроксимация по методу наименьших квадратов приводит к трём парадоксам, несовместимым с логикой матрицы экстремальности.

Во-первых, пять элементов матрицы больше единицы, а именно элементы (1;8), (1;9), (1;10), (2;9), (2;10). Для устранения этого парадокса предлагается элементы (1;8)-(3;10) аппроксимированной матрицы заменить следующим образом: три значения первой строки, большие единицы, заменить единицей, а по три значения второй и третьей строки получить линейной интерполяцией между соответствующими элементами первой и четвёртой строк (таблица 4.9).

Второй парадокс заключается в том, что в десятой строке аппроксимированной матрицы нарушается очевидный принцип возрастания экстремальности с увеличением сложности навигационной ситуации (кривые  $R = 3$  и  $R = 4$  на рисунке 4.6 пересекаются). Должно иметь место неравенство

$E_{10,5} > E_{10,4} > E_{10,3} > E_{10,2}$ , однако наблюдаем  $E_{10,5} > E_{10,3} > E_{10,4} > E_{10,2}$ .

Таблица 4.8 – Результаты аппроксимации

		Ранг навигационной ситуации									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>a</i>		-0,0295	-0,0346	-0,0297	-0,0541	-0,0492	-0,0586	-0,0838	-0,0884	-0,0835	-0,0886
<i>b</i>		0,31	0,39	0,41	0,65	0,68	0,80	1,07	1,17	1,20	1,27
Уровень стрессоустойчивости (HF)	1	0,28	0,35	0,38	0,60	0,63	0,74	0,98	1,08	1,11	1,18
	2	0,25	0,32	0,35	0,54	0,58	0,68	0,90	0,99	1,03	1,09
	3	0,22	0,28	0,32	0,49	0,53	0,62	0,81	0,90	0,95	1,00
	4	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,29</b>	<b>0,43</b>	<b>0,48</b>	<b>0,57</b>	<b>0,71</b>	<b>0,81</b>	<b>0,86</b>	<b>0,90</b>
	5	<b>0,17</b>	<b>0,22</b>	<b>0,28</b>	<b>0,39</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,67</b>	<b>0,72</b>	<b>0,78</b>	<b>0,83</b>
	6	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,33</b>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>	<b>0,57</b>	<b>0,67</b>	<b>0,71</b>	<b>0,76</b>
	7	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,20</b>	<b>0,27</b>	<b>0,33</b>	<b>0,40</b>	<b>0,47</b>	<b>0,53</b>	<b>0,60</b>	<b>0,63</b>
	8	0,08	0,11	0,18	0,22	0,29	0,33	0,40	0,46	0,53	0,56
	9	0,05	0,07	0,15	0,16	0,24	0,27	0,31	0,37	0,45	0,47
	10	0,02	0,04	0,12	0,11	0,19	0,21	0,23	0,29	0,36	0,38

Таблица 4.9 – Результаты интерполяции

Уровень стрессоустойчивости	Ранг навигационной ситуации		
	8	9	10
1	1,00	1,00	1,00
2	0,94	0,95	0,97
3	0,87	0,91	0,93
4	0,81	0,86	0,90

Эта проблема решается также интерполированием: в ячейку (10;4) записываем среднее значение ячеек (10;3) и (10;5), то есть 0,15.

Третий парадокс касается учёта негативного влияния гиперустойчивости судоводителя на навигационную безопасность плавания, который в аппроксимированной матрице отсутствует. В этом случае изменим матрицу так, как показано на рисунке 4.7 – тем самым гиперустойчивость судоводителя будет учтена.

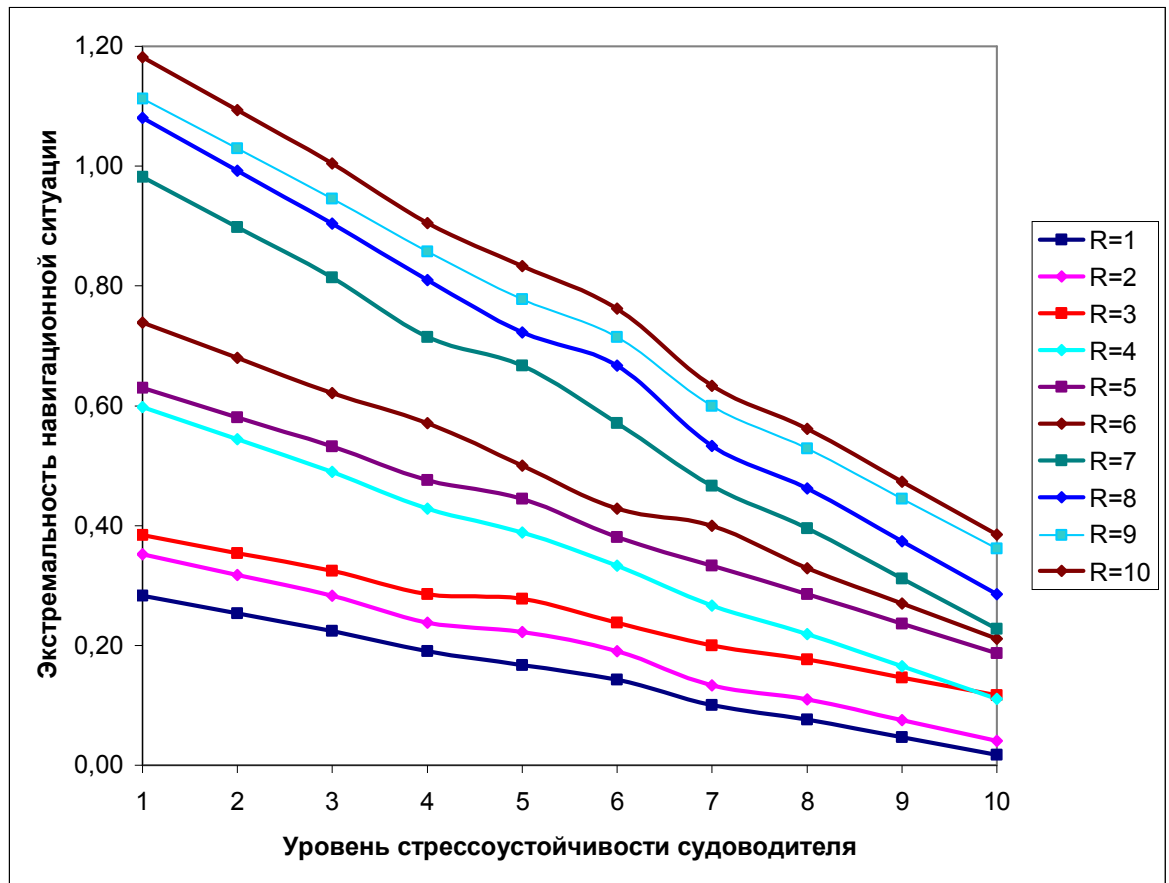


Рисунок 4.6 – Результаты аппроксимации

Таким образом, после устранения парадоксов матрица экстремальности примет свой окончательный вид, представленный на рисунке 4.7.

Уровень стрессоустойчивости	1	0,28	0,35	0,38	0,60	0,63	0,74	0,98	1,00	1,00	1,00
	2	0,25	0,32	0,35	0,54	0,58	0,68	0,90	0,94	0,95	0,97
	3	0,22	0,28	0,32	0,49	0,53	0,62	0,81	0,87	0,91	0,93
	4	0,19	0,24	0,29	0,43	0,48	0,57	0,71	0,81	0,86	0,9
	5	0,17	0,22	0,28	0,39	0,44	0,50	0,67	0,72	0,78	0,83
	6	0,14	0,19	0,24	0,33	0,38	0,43	0,57	0,67	0,71	0,76
	7	0,10	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,63
	8	0,08	0,11	0,18	0,22	0,29	0,33	0,40	0,46	0,53	0,56
	9	0,05	0,07	0,15	0,16	0,24	0,27	0,31	0,37	0,80	0,90
	10	0,02	0,04	0,12	0,15	0,19	0,21	0,23	0,28	0,90	1,00
<i>E</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Ранг сложности навигационной ситуации										

Рисунок 4.7 – Матрица экстремальности

Способ представления данных в матрице экстремальности даёт возможность изобразить её в виде графика  $E(R, HF)$ , поле которого разделено всё на те же три области – красную, жёлтую и зелёную (рисунок 4.8).

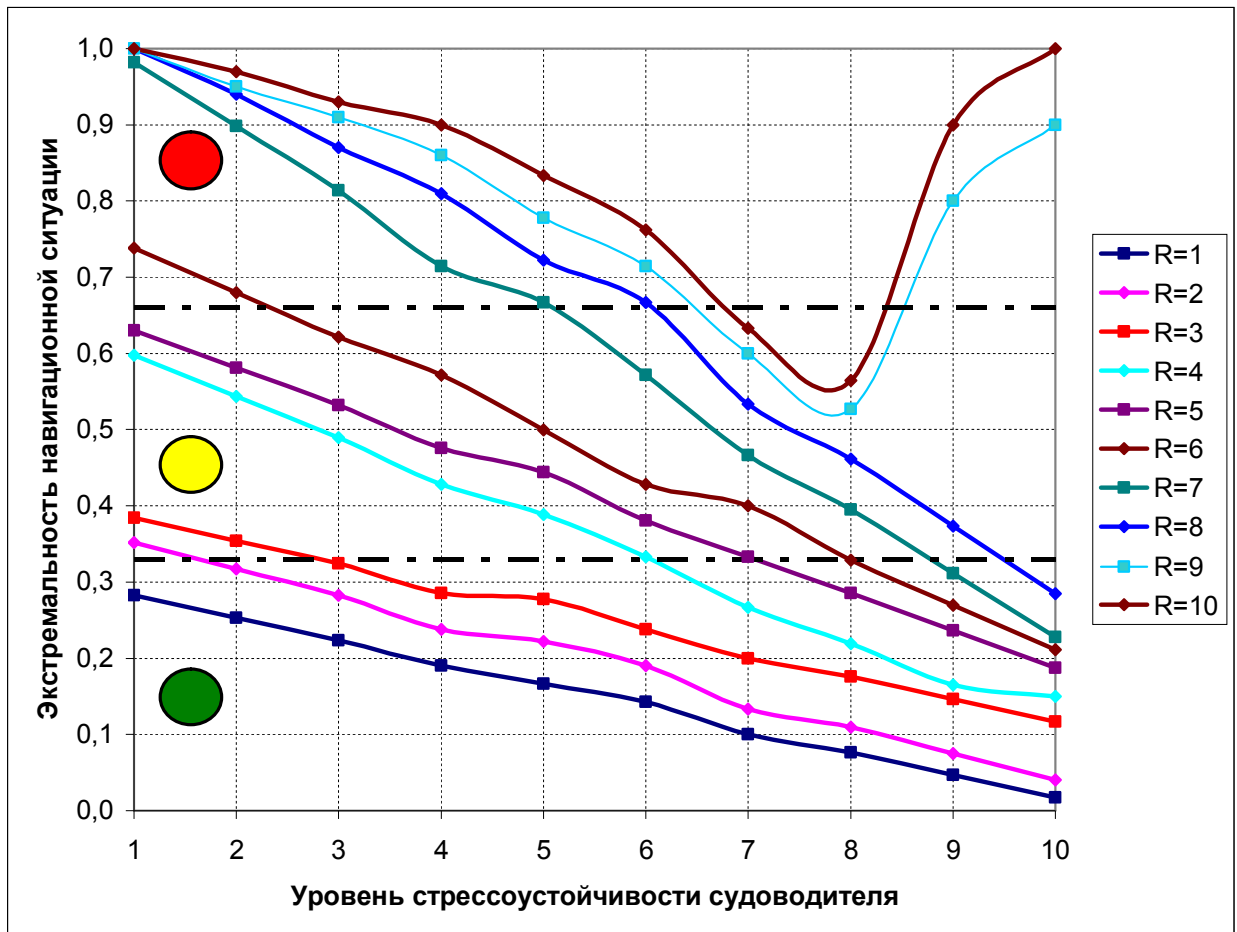


Рисунок 4.8 – Графическая интерпретация матрицы экстремальности

Для аналитического представления матрицы экстремальности и кривых, представленных на рисунке 4.8, необходимого для построения различных учитывающих человеческий фактор математических моделей, аппроксимируем сначала каждую из кривых полиномом шестого порядка вида:

$$E(R_i, HF) = a_{6i}HF^6 + a_{5i}HF^5 + a_{4i}HF^4 + a_{3i}HF^3 + a_{2i}HF^2 + a_{1i}HF + a_{0i}. \quad (4.3)$$

Такой высокий порядок полинома объясняется, в первую очередь, слож-



ностью кривых для  $R = 9$  и  $R = 10$ , а также результатами сравнения точности аппроксимации полиномами различного порядка и функциями иного вида.

Для определения аппроксимаций (4.3) для каждой из кривых, представленных на рисунке 4.8, был использован пакет прикладных программ MS Excel. В результате были определены коэффициенты  $a_{ki}$ , представленные в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Коэффициенты  $a_{ki}$

$R$	$a_6 \times 10^5$	$a_5 \times 10^4$	$a_4 \times 10^3$	$a_3 \times 10^2$	$a_2 \times 10$	$a_1 \times 10$	$a_0 \times 10$
1	-0,92593	3,0726	-3,9445	2,4597	-0,7656	0,79604	2,5867
2	-2,0062	6,6289	-8,4682	5,2507	-1,624	1,9536	2,7378
3	-1,466	4,808	-6,0888	3,7374	-1,1427	1,3014	3,3622
4	-0,49493	1,9306	-2,7798	1,8776	-0,61518	0,3596	6,0722
5	-0,7716	2,5036	-3,1304	1,8927	-0,5685	0,28771	6,4222
6	2,0833	-6,9135	8,8752	-5,5342	1,72259	-3,0411	9,18
7	-2,7778	9,1325	-11,599	7,1434	-2,19250	2,2413	9,16
8	-2,2569	7,2669	-8,962	5,3185	-1,5931	1,5965	9,546
9	-16,355	51,248	-61,357	35,476	-10,31	13,503	3,7915
10	-22,146	69,56	-83,628	48,609	-14,207	19,018	1,0633

Среднеквадратическая погрешность представленной аппроксимации равна 0,1.

Далее, используя всё тот же пакет прикладных программ MS Excel, для каждого из коэффициентов  $a_{ki}$  посредством аппроксимации полиномом третьего порядка определяем их зависимость от ранга  $R$  сложности навигационной ситуации, то есть определяем семь функций вида:

$$a_k = b_{3k}R^3 + b_{2k}R^2 + b_{1k}R + b_{0k}. \quad (4.4)$$

Полученные значения коэффициентов  $b_{lk}$  представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Коэффициенты  $b_{lk}$

$a_k$	$r$	$b_3 \times 10^r$	$b_2 \times 10^r$	$b_1 \times 10^r$	$b_0 \times 10^r$
$a_6$	6	-1,2163	13,749	-41,1817	17,9847
$a_5$	5	3,8296	-43,343	129,811	-54,474
$a_4$	4	-4,6161	52,307	-156,485	62,146
$a_3$	3	2,6916	-30,537	91,186	-33,851
$a_2$	2	-0,7882	8,9462	-26,633	9,1867
$a_1$	2	1,1168	-12,741	37,509	-15,59
$a_0$	2	-0,82359	10,33	-24,6	40,671

Таким образом, окончательная аппроксимация функции  $E(R, HF)$  будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 E(R, HF) = & \left(-1,2163R^3 + 13,749R^2 - 41,1817R + 17,9847\right) \cdot 10^6 \cdot HF^6 + \\
 & + \left(3,8296R^3 - 43,343R^2 + 129,811R - 54,474\right) \cdot 10^5 \cdot HF^5 + \\
 & + \left(-4,6161R^3 + 52,307R^2 - 156,485R + 62,146\right) \cdot 10^4 \cdot HF^4 + \\
 & + \left(2,6916R^3 - 30,537R^2 + 91,186R - 33,851\right) \cdot 10^3 \cdot HF^3 + \\
 & + \left(-0,7882R^3 + 8,9462R^2 - 26,633R + 9,1867\right) \cdot 10^2 \cdot HF^2 + \\
 & + \left(1,1168R^3 - 12,741R^2 + 37,509R - 15,59\right) \cdot 10^2 \cdot HF + \\
 & + \left(-0,82359R^3 + 10,33R^2 - 24,6R + 40,671\right) \cdot 10^2. \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Среднеквадратическая погрешность последней аппроксимации не превышает 0,04.

Для оценки (проверки) достоверности разработанного метода оценки вероятности ЧС, основанного на матрице экстремальности был проведен контрольный (повторный) эксперимент на навигационном тренажёре. Объем выборки по отношению к основному эксперименту был увеличен в три раза,

а ее содержание не имело пересечений с содержанием выборки, используемой при проведении основного эксперимента. Расхождение значений экстремальности, полученных при помощи матрицы и в результате контрольного эксперимента, было оценено среднеквадратической погрешностью, которая в итоге оказалась равна 0,04 (или 4%). При этом расхождений в качественной оценке вероятности ЧС обнаружено не было. Таким образом, результаты контрольного эксперимента подтверждают достоверность разработанного метода оценки вероятности ЧС.

#### 4.6 О шкалах оценивания

Под шкалой оценивания необходимо понимать совокупность значений, позволяющих количественно или качественно отобразить свойства объекта оценивания. Разнообразные проявления (количественные или качественные) любого свойства образуют множества, отображения элементов которых на упорядоченное множество чисел образуют шкалы оценивания этих свойств [110].

В соответствии с логической структурой проявления свойств различают пять основных видов шкал: шкалы наименований, шкалы порядка, шкалы интервалов, шкалы отношений, абсолютные шкалы [110].

В частности, шкала порядка может быть построена в том случае, если свойство исследуемого эмпирического объекта проявляет себя в отношении эквивалентности и порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства [110]. Она является монотонно возрастающей или убывающей и позволяет установить отношение «больше-меньше» между величинами, характеризующими указанное свойство. В шкалах порядка существует или не существует нуль, но принципиально нельзя ввести единицы измерения, так как для них не установлено отношение пропорциональности и соответственно нет возможности судить во сколько раз больше или меньше конкретные проявления свойства [110]. Шкала порядка может быть построе-

на без эталона.

В случаях, когда уровень познания объекта или явления (навигационной ситуации и человеческого фактора) не позволяет точно установить отношения, существующие между величинами, либо применение удобно и достаточно для практики, используют условные (эмпирические) шкалы порядка, где исходные значения выражены в исходных единицах. Примеры шкалы порядка – шкала вязкости Энглера, шкала Бофорта для силы ветра [110].

Определение значения величин при помощи шкал порядка нельзя считать измерением, так как на этих шкалах не могут быть введены единицы измерения. Здесь операцию по приписыванию числа требуемой величине считается оцениванием [110].

Выбранные для оценивания ранга сложности навигационной ситуации и человеческого фактора шкалы являются неметрическими шкалами порядка (или шкалами ранга) – указанные оценки (R и HF) характеризуются отношением эквивалентности (равенства) и порядка, а в отношении аддитивности и пропорциональности эти оценки себя не проявляют.

Шкалы обычно строятся на основе чисто логических соображений [71].

С целью обоснования шкалы первоначально необходимо установить континуум – протяженность изучаемого свойства, т.е. определить его крайние состояния – начало и конец, максимум и минимум.

Очевидная нечеткая ограниченность сверху и снизу (нечетких максимумов и минимумов) ранга сложности навигационной ситуации и, тем более, человеческого фактора не является препятствием для построения соответствующих шкал оценивания.

Как уже было указано ранее, человеческий фактор в общем случае представляет собой многокомпонентное и слабо изученное явление, границы которому пока не установлены. Поэтому универсальную шкалу порядка с максимальными и минимальными значениями и дробной градацией с конечным числом делений, предназначенную для оценки человеческого фактора, на первый взгляд, построить невозможно. Для любого состояния человеческого

фактора, определяемого совокупностью множества составляющих, всегда найдется другое состояние, которое по шкале порядка будет выше (или ниже). Однако для случаев, когда оценка человеческого фактора имеет не абстрактную, а конкретную цель и предназначена не для изолированной дифференциации двух и более состояний, а для использования в контексте взаимодействия ЧФ с другими объектами и явлениями, проблема ограничения шкалы становится решаемой.

Так, максимальному значению шкалы человеческого фактора соответствуют линейное множество его состояний, строго ограниченное только с одной стороны (снизу). При этом все состояния ЧФ, принадлежащие указанному множеству, имеют одинаковый потенциал в отношении влияния на навигационную безопасность плавания судна. И этот потенциал индифферентен к тому, насколько далеко отстоит состояние человеческого фактора от своей нижней различимой границы.

Таким образом, для крайних (максимального и минимального) значений шкалы реализован тот же принцип одинаковых последствий, значимых в контексте исследования, что и для промежуточных значения, которые имеют границы как сверху, так и снизу. По такому же принципу, например, построена шкала Бофорта с максимумом в 12 баллов. Этому максимуму соответствует скорость ветра более 32,6 м/с, т.е. ограниченный только с одной стороны диапазон. При этом для любого значения из этого диапазона последствия определяются одинаково и представляют собой огромные разрушения.

Следует заметить, что используемая для оценки человеческого фактора шкала порядка является общепризнанной шкалой стэнов Кэтгелла.

Приведенное обоснование имеет отношения и для шкалы, предназначенной для оценки ранга сложности навигационной ситуации, однако с небольшими дополнениями.

Во-первых, самое значение сложности методически ограничено значения 0 и 1. Вместе с тем алгоритм не допускает значений, равных 1. Максимум здесь определяется меньшим значением, но он все равно соответствует

рангу 10, и такие навигационные ситуации представляют собой только мысленное явление, встретить которое в реальном мореплавании практически невозможно.

Во-вторых, максимумы некоторых шкал для оценки характеристик компонент навигационной ситуации, также ограничены только с одной стороны (шкалы для видимости, обледенения, скорости и размеров судна и пр.).

Другие шкалы имеют континуумы с чёткими границами (вид акватории, глубина и пр.), но некоторые из них являются производными от шкал, имеющих размытые внешние границы (та же шкала Бофорта).

Градация шкал компонент была произведена на основе хорошей морской практики с учётом задач и содержания метода экспертного оценивания. Вместе с тем, некоторые шкалы компонент являются шкалами порядка только в совокупности с результатами экспертного оценивания (например, курсовой угол течения).

Таким образом, максимум (минимум) сложности навигационной ситуации ограничен вследствие того, что для каждой компоненты установлены максимальные (минимальные) значения базовых коэффициентов, характеризующих множества с максимальным (минимальным) номером. Однако даже в случае множеств с открытой верхней или нижней границей любое бесконечное приближение к этой границе не влияет на значение базового коэффициента в силу все того же принципа равенства последствий. Например, видимость в 12 миль, видимость в 20 миль и любая другая видимость более 20 миль одинаково (через один и тот же базовый коэффициент) определяют сложность навигационной ситуации.

После обоснования крайних точек и определения континуума шкалу необходимо проградуировать, т.е. установить ее дробность с помощью делений. Вместе с тем в рамках логической концептуализации существует возможность построения шкал, имеющих существенно различающиеся структуры, в том числе разное число градаций.

Шкала для сложности навигационной ситуации изначально является не-

прерывной, а для используемого в матрице экстремальности ранга сложности – дискретной шкалой десяти единиц. Необходимость подобной трансформации обусловлена методикой, которая была использована при формировании матрицы экстремальности. Непрерывная шкала, как и большее количество единиц в дискретной шкале являлось бы препятствием для проведения и обработки результатов эксперимента на навигационном тренажере. Методика проведения эксперимента предусматривала оценку поведенческих реакций судоводителя в навигационных ситуациях различной сложности. При использовании непрерывной шкалы количество отличающихся по сложности ситуаций стремилось бы к бесконечности. Поэтому, исходя из наличия человеческих и временных ресурсов, количество единиц для дискретной шкалы ранга сложности было выбрано равным десяти. Вместе с тем, дальнейшее уменьшение количества единиц шкалы снизило бы разрешающую способность шкалы, что дискредитировало бы обоснованный метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации, сведя его к уровню интуитивного.

В большинстве случаев оценка надёжности шкального континуума проводится уже после того, как разработана его модель. При этом предполагается, что созданные рациональные конструкции в отношении количества делений полностью адекватны реальным континуумам [51]. Надёжность шкалы оценивания человеческого фактора была исследована и подтверждена одновременно с надёжностью соответствующего метода [47].

Для оценки надёжности шкалы для ранга сложности навигационной ситуации было проведено экспертное оценивание, в процессе которого 10 экспертам было предложено с использованием таблицы 2.8 оценить по пять навигационных ситуаций. Одновременно для каждой из ситуаций по обоснованному методу произведен расчет ранга сложности. В итоге коэффициент ранговой корреляции между оценками экспертов и расчетными значениями составил 0,979, что свидетельствует о надёжности шкалы.

## 4.7 Интеграция матрицы экстремальности в теорию и практику судовождения

### 4.7.1 Учет человеческого фактора при прогнозировании начала маневра последнего момента

Маневр последнего момента в узком (теоретическом) смысле – «точечный» идеальный виртуальный маневр на расхождение со встречным судном, который при движении привилегированного судна по оптимальной, наиболее удаленной от встречного судна траектории обеспечит безаварийное расхождение с ним на минимально достаточной для этого дистанции [38].

Оптимальная траектория движения судна здесь определяется таким режимом работы главного двигателя, положением винта регулируемого шага и пера руля, любое изменение которых приведёт к уменьшению дистанции расхождения. В свою очередь под минимально допустимой дистанцией расхождения необходимо понимать такую дистанцию, увеличение которой на некоторую бесконечно малую величину, приведет к аварии.

Характеристикой МПМ в этом смысле являются дистанция и время маневра последнего момента  $D_{мпм}$  и  $t_{мпм}$ , то есть дистанция между судами и время, соответствующие началу выполнения этого маневра.

Однако осуществление такого точного маневра практически невозможно. Поэтому в широком, более практическом смысле под маневром последнего момента необходимо понимать маневр, направленный на безаварийное расхождение и характеризующийся дистанцией начала маневра  $D_{мпм}^I$ , которая находится в диапазоне  $D_{мпм} \leq D_{мпм}^I < D_{дон}$ . Дистанция  $D_{дон}$  здесь заданное (нормированное) минимальное расстояние между судами, при начале маневрирования на котором обязанного судна будет обеспечено расхождение судов на заданной для текущих условий плавания безопасной дистанции.

Для дистанции  $D_{мпм}$  в [11, 38] предложен алгоритм оценки, основанный



на рисунке 4.9 и на следующих выражениях:

$$D_{\text{мнм}} = \bar{D}_{\text{мнм}} + \Delta D_{\text{мнм}}, \quad (4.6)$$

$$\bar{D}_{\text{мнм}} = \frac{3,688 \operatorname{tg}(\gamma/2) \Delta (50Ld_{\text{cp}} + 1,12L^2 + 28B^2) \sqrt{1 + \left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 - 2\left(\frac{v_b}{v_a}\right) \cos \gamma}}{d_{\text{cp}}^2 \gamma^{0,2465} (L^2 + 25B^2) \left(1 + 0,1d_{\text{cp}}/h - 0,71(d_{\text{cp}}/h)^2\right)} \times$$

$$\times \left[ -1519 \cdot \left(\frac{\Delta}{C_{\partial} L^2 d_{\text{cp}}}\right)^3 + 622,96 \left(\frac{\Delta}{C_{\partial} L^2 d_{\text{cp}}}\right)^2 - \frac{85,926 \Delta}{C_{\partial} L^2 d_{\text{cp}}} + 4,3384 \right], \quad (4.7)$$

$$\Delta D_{\text{мнм}} = \begin{cases} 7B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_b/v_a)^2 - 2(v_b/v_a) \cos \gamma}, & \text{при } \gamma < 90^\circ \\ 4B / \sin \gamma \sqrt{1 + (v_b/v_a)^2 - 2(v_b/v_a) \cos \gamma}, & \text{при } \gamma \geq 90^\circ, \end{cases} \quad (4.8)$$

где  $v_a$ ,  $v_b$  – скорости судна  $a$ , выполняющего маневр, и судна  $b$ ;

$\Delta$  – массовое водоизмещение маневрирующего судна;

$L$  – длина маневрирующего судна по ватерлинии;

$B$  – ширина маневрирующего судна по ватерлинии;

$d_{\text{cp}}$  – средняя осадка маневрирующего судна;

$\gamma$  – угол пересечения курсов;

$h$  – глубина моря;

$C_{\partial}$  – коэффициент полноты диаметральной плоскости маневрирующего судна;

$\Delta D_{\text{мнм}}$  – поправку за ширину судов и их гидродинамическое взаимодействие при расхождении.

В соответствии с представленной математической моделью дистанция маневра последнего момента не зависит ни от условий и обстоятельств плавания, ни от индивидуальных особенностей вахтенного помощника капитана. Однако матрица экстремальности позволяет избавиться от этой абстракции.

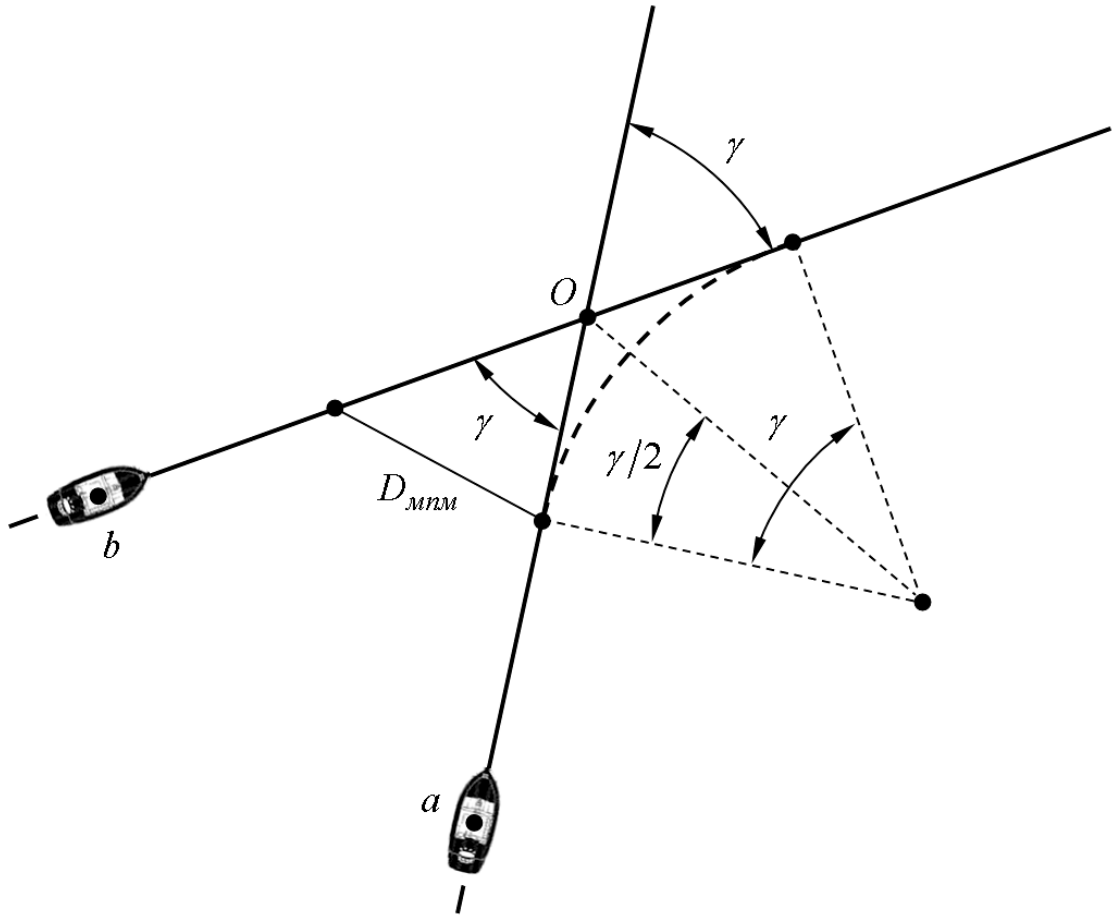


Рисунок 4.9 – Манёвр последнего момента

Чем ниже уровень стрессоустойчивости судоводителя и сложнее навигационная ситуация, т.е. чем выше экстремальность навигационной ситуации, тем раньше (на большем, чем предусмотрено формулами (4.6)-(4.8) расстоянии) необходимо предпринять маневр последнего момента, чтобы, в первую очередь, оставить запас времени и пространства для компенсации неуверенных или ошибочных решений и действий судоводителя. Таким образом, маневр последнего момента необходимо начинать при расстоянии между судами  $D_{мпм}^E$ , которое зависит от экстремальности навигационной ситуации, причем  $D_{мпм} \leq D_{мпм}^E < D_{ооп}$ . Расстояние между судами  $D_{ооп}$  соответствует началу маневра с целью разойтись со встречным судном на заданной минимальной безопасной дистанции  $D_{без}$ :

$$D_{\text{дон}} = D_{\text{млм}} + \frac{B + D_{\text{б\`ез}}}{\sin \gamma} \sqrt{1 + \left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 - 2 \cdot \frac{v_b}{v_a} \cdot \cos \gamma}. \quad (4.9)$$

Условимся, что в пределах диапазона  $D_{\text{млм}} \leq D_{\text{млм}}^E < D_{\text{дон}}$  расстояние  $D_{\text{млм}}^E$  линейно зависит от экстремальности навигационной ситуации. Тогда:

$$\begin{aligned} D_{\text{млм}}^E &= D_{\text{млм}} + E(D_{\text{дон}} - D_{\text{млм}}) = \\ &= D_{\text{млм}} + \frac{E(B + D_{\text{б\`ез}})}{\sin \gamma} \sqrt{1 + \left(\frac{v_b}{v_a}\right)^2 - 2 \cdot \frac{v_b}{v_a} \cdot \cos \gamma}. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Формулы (4.6)-(4.10) дают возможность спрогнозировать дистанцию маневра последнего момента с учетом человеческого фактора.

#### 4.7.2 Использование матрицы экстремальности при определении вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором

Под промахом в навигационных измерениях условимся понимать измерение, результат которого для данных условий резко отличается от остальных результатов измерений этого ряда и с большой долей вероятности не принадлежит этому ряду, а также сам результат такого измерения, содержащий грубую погрешность [34, 40, 45]. Промахи оказывают крайне негативное влияние на точность навигационных измерений, более того, принятие судоводителем решения на основе результатов измерений, являющихся промахами, может привести к возникновению чрезвычайной ситуации.

Для апостериорного определения вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира был проведен продолжительный по времени эксперимент, в процессе которого курсанты третьего курса

судоводительского факультета, имеющие достаточные знания, умения и опыт в отношении использования по назначению оптического пеленгатора ПГК-2, осуществляли пеленгование отдаленного ориентира. В результате указанного эксперимента была получена априорная оценка вероятности промаха  $P_0 = 0,077$ . Апостериорная оценка, проведенная в соответствии с методикой, представленной в [81], дала аналогичный результат.

Однако полученное значение вероятности является результатом эксперимента, проведенного без противодействия внешней среды, ограничений по времени, определяется исключительно личными качествами участников эксперимента. Это значение будем считать базовым для обоснования методики вычисления вероятности промаха в реальных условиях плавания, т.е. с учетом экстремальности навигационной ситуации.

Сделаем допущение, что с ростом экстремальности навигационной ситуации вероятность промаха увеличивается по экспоненциальному закону от своего базового значения до единицы:

$$P(E) = e^{a(1-E)}. \quad (4.11)$$

Для определения коэффициента  $a$  будем считать, что при  $E = 0$   $P(E) = P_0$ , тогда  $e^a = P_0$  и  $a = \ln P_0$ , а функция (4.11) примет вид:

$$P(E) = e^{(1-E)\ln P_0}. \quad (4.12)$$

Формула (4.12) определяет математическую модель приведения базовой вероятности к реальным условиям плавания, или, иначе, математическую модель фактической вероятности появления промаха в измерении пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором с учетом реальных условий плавания и текущего состояния наблюдателя.

Принимая  $P_0 = 0,077$ , получаем:

$$P(E) = e^{2,564(E-1)}. \quad (4.13)$$

На рисунке 4.10 представлена зависимость фактической вероятности появления промаха в измерении пеленга оптическим пеленгатором от экстремальности навигационной ситуации.

Представленная математическая модель является приближительной, основанной на допущениях и умозрительных заключениях. Для ее уточнения и повышения достоверности необходимо провести глобальные объемные исследования, основанные на очень большом массиве результатов измерений пеленга, проведенных в реальных условиях плавания.

Вместе с тем, именно эта модель реализована программным способом, а разработанная в среде MS Excel программа зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (свидетельство о регистрации № 2016618898 от 09 августа 2016 года, приложение В).

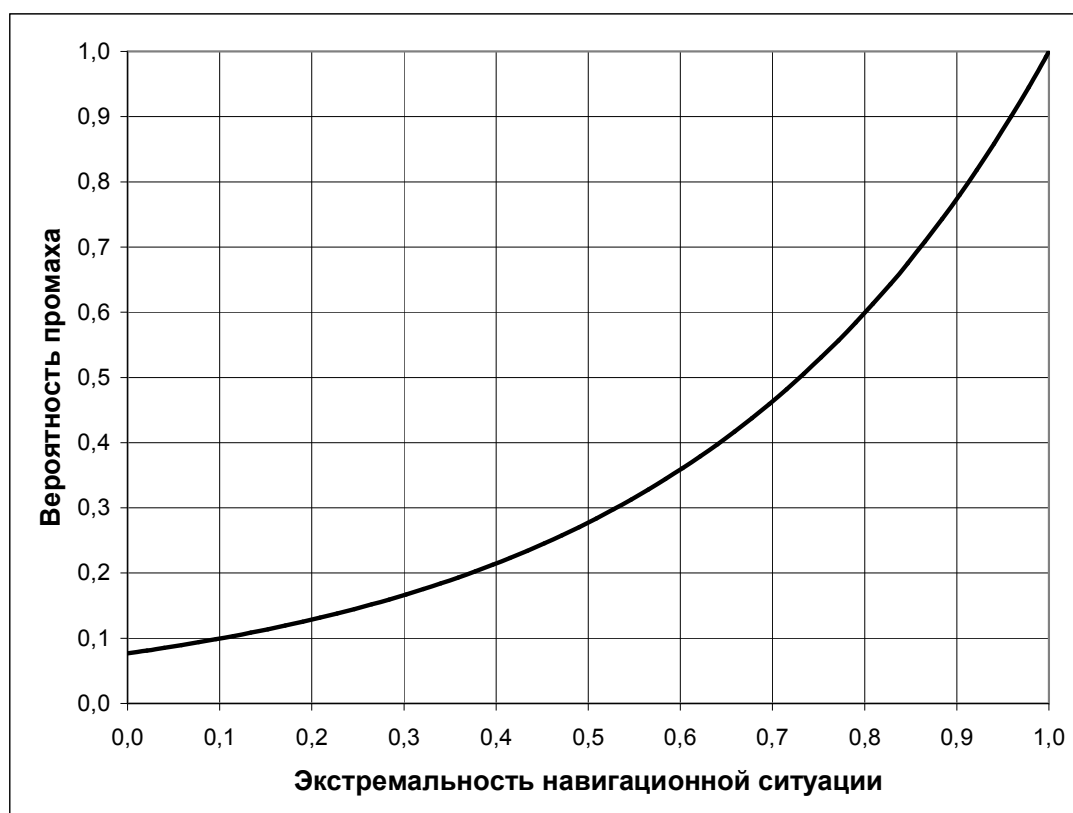


Рисунок 4.10 – Зависимость фактической вероятности промаха от экстремальности навигационной ситуации

#### 4.7.3 Матрица экстремальности в системе контроля дееспособности вахтенного помощника капитана

Система контроля дееспособности вахтенного помощника капитана (СКДВП) предназначена для мониторинга активности на мостике и выявления недееспособности вахтенного помощника капитана (ВПК), которая может привести к аварии и возникновению чрезвычайной ситуации [17, 134].

Система автоматически предупреждает капитана или другого его помощника, если по какой-либо причине ВПК не может выполнять и не выполняет свои обязанности. Мониторинг дееспособности ВПК обеспечивается периодическими световыми и звуковыми сигналами, инициируемыми на мостике. В случае, если вахтенный помощник не подтверждает их прием, – система предупреждает об этом капитана или его помощника, не находящегося на вахте. Кроме того, СКДВП может обеспечивать вахтенного помощника средством вызова срочной помощи, когда она необходима [17].

В течение установленного межсигнального периода времени (от 3 до 12 мин) сигнализация в СКДВП отсутствует. В конце этого периода на мостике должна инициироваться световая сигнализация. При отсутствии в течение 15 с после появления светового сигнала его подтверждения (сброса кнопкой квитирования) вахтенным помощником на мостике должна автоматически дополнительно подаваться звуковая сигнализация *первого уровня* [17].

По истечении 15 с после включения сигнализации первого уровня, в случае отсутствия сброса тревожного сигнала вахтенным помощником или капитаном, должна подаваться сигнализация *второго уровня* в помещениях капитана и его помощников [17].

Если не будет подтверждения сигнала второго уровня в течение 90 с после его появления, должна включаться звуковая сигнализация третьего уровня в местах расположения других членов экипажа, способных к принятию мер на мостике. На судах, кроме пассажирских, дистанционная звуковая сигнализация второго и третьего уровня может звучать во всех вышепере-

численных местах одновременно. Если звуковой сигнал тревоги второго уровня подается подобным образом, сигнализация третьего уровня может быть опущена [17].

Для поддержания актуальности величины межсигнального периода для срабатывания сигнализации первого уровня предлагается сделать его зависимым от экстремальности навигационной ситуации [11]. Очевидно, что с увеличением экстремальности значение периода должно уменьшаться. Используя самую простую – линейную – зависимость, для межсигнального периода  $Td$  можно записать:

$$Td(E) = 12 - 9 \cdot E [\text{мин.}] \quad (4.14)$$

Однако совместный анализ алгоритма определения экстремальности навигационной ситуации, наиболее вероятных для практического судовождения значений экстремальности, целей и реальной практики использования СКДВП позволяет вместо (4.14) использовать следующее выражение:

$$Td(E) = 15(1 - E) [\text{мин.}] \quad (4.15)$$

тем самым оставив ограничения для межсигнального периода, равные 3-12 мин. только для навигационных ситуаций с экстремальностью от 0,2 до 0,8.

В случае значений меньших, чем 0,2, условия плавания вполне позволяют увеличивать период, а для ситуаций с  $E > 0,8$  СКДВП будет отключена капитаном. В любом случае указанные граничные величины требуют более детального обоснования, после проведения которого необходимо будет внести поправки в обязательные требования для СКДВП, установленные резолюцией MSC.128(75) [134].

Цветовой принцип разделения матрицы экстремальности дает возможность построить и включить в СКДВП еще один прибор – факультативное информативное устройство, предусматривающее цветовую (трехцветную)

сигнализацию, которая зависит от значения экстремальности навигационной ситуации и предназначено для установки в каюте капитана.

#### 4.7.4 Анализ возможности представления матрицы экстремальности на языках программирования (описание программы для ЭВМ)

Современный уровень автоматизации процессов судовождения делает практически бессмысленными новые методы и методики, основанные исключительно на ручном труде (ручных вычислениях). Обоснованный алгоритм определения экстремальности навигационной ситуации позволяет автоматизировать процедуру расчёта практически на всех этапах, где полностью, а где частично.

В качестве подтверждения возможности автоматизации в процессе исследования была составлена программа для ЭВМ в самом известном табличном процессоре MS Excel. Программа прошла процедуру регистрации в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (свидетельство о регистрации №2016661663 от 18 октября 2016 года, приложение Г). Далее представлено описание программы для ЭВМ.

При открытии файла пользователь попадает на страницу основного (главного) меню, где он может выбрать подлежащие решению задачи, каждая из которых соответствует определенному этапу алгоритма определения экстремальности (рисунок 4.11). При нажатии одной из трёх кнопок программа отправляет пользователя на необходимую страницу (открывает соответствующее окно).

После перехода из основного меню на страницу вычисления сложности навигационной ситуации (рисунок 4.12) пользователь должен ввести название судна, район плавания и для каждой компоненты навигационной ситуации из выпадающего списка выбрать её текущее состояние. При этом дата и время вводятся автоматически.



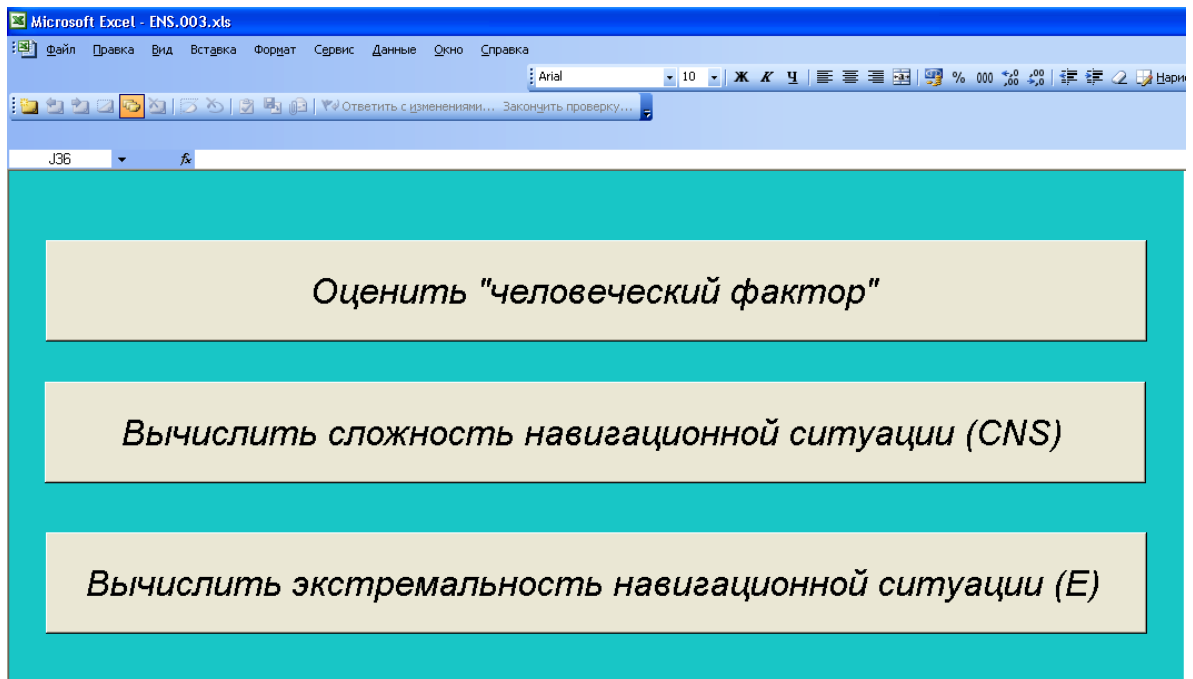


Рисунок 4.11 – Окно основного меню

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	<b>ВЫЧИСЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ (CNS)</b>													
2	<i>Дата и время</i>		30.01.2018 21:45			<i>Судно</i>		"Куршская коса"						
3	<i>Район плавания</i>				пролив Зунд									
4	<i>Вид акватории плавания</i>					зона прибрежного плавания								
5	<i>Глубина</i>					мелководье								
6	<i>Обеспеченность акватории плавания средствами навигационного оборудования</i>					отличная (зоны действия СНО перекрываются)								
7	<i>Наличие подводных или надводных препятствий</i>					препятствия редкие								
8	<i>Сила ветра</i>					безветрие (0 баллов)								
9	<i>Курсовой угол ветра</i>					безветрие								
10	<i>Сила волнения</i>					безветрие носовой (встречный ветер) кормовой (попутный ветер) траверзный (боковой ветер)								
	<i>Курсовой угол волнения</i>					траверзный								

Рисунок 4.12 – Окно вычисления сложности навигационной ситуации (верхний сегмент)

После того, как для всех компонент будут установлены свои текущие фактические множества, программа рассчитывает и отображает непосредственно сложность, ранг сложности, а также качественную характеристику на-

вигационной ситуации (рисунок 4.13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
19	Скорость судна						очень высокая (более 15 уз)						
20	Длина судна						более 200 м						
21	Местные правила						<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     менее 40 м                      от 40 до 100 м                      от 100 до 200 м                      более 200 м                 </div>						
22	<b>СЛОЖНОСТЬ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ (CNS)</b>										<b>0,810</b>		
23	<b>РАНГ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ</b>										<b>8</b>		
24	<i>Качественная характеристика навигационной ситуации</i>												
25	<i>Тяжёлая навигационная ситуация</i>												
26	Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная предельная концентрация внимания, максимальное проявление знаний, опыта и умения принимать нестандартные решения. Ошибка судоводителя, как правило, приводит к возникновению аварийной ситуации.												
27	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <b>Меню</b> </div>												
28													
29													
30													
31													
32													

Рисунок 4.13 – Окно вычисления сложности навигационной ситуации (нижний сегмент)

Используемые в современном судовождении датчики навигационной и иной информации позволяют посредством соответствующих интерфейсов осуществлять ввод данных для описываемой страницы автоматически, при этом сложность навигационной ситуации будет обновляться настолько быстро, насколько обновляется внешняя информация, т.е. практически непрерывно.

В окне вычисления экстремальности навигационной ситуации (рисунок 4.14) пользователь может ввести значения ранга сложности и человеческого фактора вручную или, нажав соответствующие кнопки, использовать рассчитанные в программе значения.

Поле результата вычисления экстремальности окрашивается в зелёный, желтый или красный цвет в зависимости от того, к какой зоне матрицы отно-

сится рассчитанное программой значение.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ</b>												
2	Дата и время			30.01.2018 21:45			Судно			"Куршская коса"			
3	Район плавания				пролив Зунд								
4	Ранг сложности навигационной ситуации						8			Ввести рассчитанное значение			
5	Человеческий фактор						5			Ввести рассчитанное значение			
6	<b>ЭКСТРЕМАЛЬНОСТЬ</b>						<b>0,72</b>						
7													
8													
9													
10													
11	<b>Меню</b>												
12													
13													

Рисунок 4.14 – Окно вычисления экстремальности навигационной ситуации

Любое из окон программы позволяет в любой момент перейти в основное меню.

#### 4.8 Концепция судовой автоматизированной системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, источником которых являются навигационные аварии

Техническое и информационное обеспечение современных морских судов позволяет в большей части автоматизировать процесс получение данных, необходимых для определения сложности и экстремальности навигационной ситуации. Это позволяет построить судовую автоматизированную систему прогнозирования чрезвычайной ситуации (САСПЧС, судовая АСПЧС), источником которой является навигационная авария.

Как было указано ранее, в соответствии с п. 3.1.2 ГОСТ Р 22.1.02-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование.

Термины и определения» [23] под прогнозированием чрезвычайной ситуации необходимо понимать «опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин её возникновения, её источника в прошлом и настоящем» [23, с. 2]. При этом прогнозирование может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер. В свою очередь ГОСТ Р 22.1.01-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения» [22] следующим образом определяет состав системы мониторинга и прогнозирования ЧС:

- организационная структура;
- общая модель системы, включая объекты мониторинга;
- комплекс технических средств;
- модели ситуации;
- методы наблюдения, обработки данных, анализа ситуации и прогнозирования;
- информационная система.

Организационная структура предлагаемой системы включает в себя:

- капитана судна, являющегося органом управления системы и выполняющего среди прочего функцию выработки решения;
- автоматизированную подсистему наблюдения, которая в режиме реального времени обеспечивает систему данными о состоянии параметров, подлежащих учёту и измерению;
- подсистема баз данных параметров, которые подлежат учёту и являются постоянными в течение длительных промежутков времени или могут быть спрогнозированы сторонними сервисами;
- вычислительную подсистему, которая на основе заложенного в ней алгоритме, базирующегося на матрице экстремальности, производит количественную оценку вероятности возникновения ЧС.

Последние три элемента представляют собой информационную автоматизированную систему, обеспечивающую измерение и сбор данных, подго-

товку, хранение, обработку, анализ и визуализацию информации.

Общая модель системы, которая отражает возможность развития чрезвычайной ситуации, источником которой является навигационная авария, описана в первой и второй главах.

Комплекс технических средств включает в себя навигационное, гидрометеорологическое и иное судовое оборудование, необходимое для измерения параметров, которые определяют состояние компонент навигационной ситуации. Более подробно комплекс технических средств рассмотрен ниже.

В соответствии с ГОСТ Р 22.1.01-95 [22] модели ситуаций должны содержать общее описание ситуаций, комплекс характеристик и входных измеряемых параметров, а также критерии принятия решений.

Общее описание ситуаций представлено в третьей главе совокупностью базовых коэффициентов. Комплекс измеряемых параметров включает в себя все параметры, которые определяют состояние компонент навигационной ситуации, а также стрессоустойчивость судоводителя. Критерии принятия решений установлены матрицей экстремальностью, которая имеет деление на три области.

Основной метод наблюдения в системе – инструментальный; обработка результатов, анализ ситуации и прогнозирование осуществляются автоматически на основе предложенного метода количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна. Выходным параметром системы прогнозирования является экстремальность навигационной ситуации, привязанная к определённой точке и конкретному району плавания.

Оперативное (текущее) прогнозирование – это отражение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации с периодом упреждения, непосредственно примыкающему на оси времени к текущему моменту. Таким образом, оперативный прогноз экстремальности рассчитывается на перспективу, на протяжении которой не ожидается существенных изменений наблюдаемых параметров навигационной ситуации. Для расчета прогнозируемого значения

ее сложности необходимо использовать текущие значения характеристик компонент навигационной ситуации.

Срок упреждения краткосрочного прогнозирования находится в пределах времени следования судна акваторией одного типа, например, Балтийскими проливами, но не может превышать 24 часа. Краткосрочный прогноз формируется не позднее, чем за четыре часа до начала следования акваторией, и корректируется каждые четыре часа. Так, если время перехода судна по определенной акватории составляет несколько суток, то первый краткосрочный прогноз формируется за четыре часа (в оперативное время минус четыре часа). Первая корректура осуществляется в оперативное время ноль, при этом формируется краткосрочный прогноз на оперативное время от четырех до 28 часов, и так далее.

Для расчета прогнозируемого значения сложности навигационной при краткосрочном прогнозе используются хранящиеся в базах данных значения характеристик навигационной ситуации, которые при необходимости могут быть скорректированы текущими значениями.

Долгосрочный прогноз формируется на весь рейс и перед ним во время предварительной прокладки. В этом случае также используются значения, хранящиеся в базах данных.

Исходя из того, что установленный на судне порядок несения ходовой навигационной вахты дает возможность связать любой момент времени с конкретным вахтенным помощником капитана, достаточно предварительно (перед рейсом) занести в систему данные об стрессоустойчивости всех судоводителей, включенных в судовую роль.

Система включает в себя следующие базы данных:

- база данных 1 (БД-1) содержит в себе полученные из лоций, карт, атласов и других пособий статистические данные об обеспеченности СНО, видимости, ветре, волнении, течениях, интенсивности судопотока, ледовой обстановки, обледенении и местных правилах для различных акватории в разные периоды времени; БД-1 является практи-

чески неизменной;

- база данных 2 (БД-2) включает в себя полученную с внешних источников информацию об истории интенсивности судоходства в различных районах плавания, а также о текущем трафике;
- база данных 3 (БД-3) содержит в себе прогнозную информацию, полученную с различных метеорологических сервисов и адаптированную при помощи программного обеспечения к использованию в судовой АСПЧС; БД-3 обновляется с каждым новым прогнозом сервиса;
- база данных 4 (БД-4) включает в себя картографическую информацию, содержащуюся в электронной картографической навигационно-информационной системе (ЭКНИС), включая глубины и обеспеченность СНО;
- в базе данных 5 (БД-5) содержатся сведения о приливо-отливных течениях, получаемые из программы Admiralty Total Tide (АТТ);
- база данных 6 (БД-6) сведения о судне и рейсе, включая маршрут перехода, водоизмещение и соответствующая осадка, скорость и курс, планируемые на различных участках маршрута;
- база данных 7 (БД-7) содержит данные о штурманском составе судна, включая результаты исследования стрессоустойчивости (или другие оценки человеческого фактора, адаптированные к обоснованному методу) и время несения вахты.

Источники получения информации о значениях требуемых для работы системы параметров представлены в таблице 4.12. Общая схема системы приведена на рисунке 4.15. Центральное место в инфраструктуре системы занимает сервер – программно-аппаратный комплекс, предназначенный для сбора и обработки данных, получаемых от комплекса технических средств и от внешних по отношению к судну источников, хранения и обслуживания баз данных и выполнению программных кодов расчёта экстремальности для различных видов прогнозирования.

Таблица 4.12 – Источники информации для прогнозирования

№ п/п	Параметр, компонента	Источники		
		оперативное прогнозирование	краткосрочное прогнозирование	долгосрочное прогнозирование
1	вид акватории	ГНСС, БД-4 (ЭКНИС)	БД-4 (ЭКНИС), БД-6	БД-4 (ЭКНИС), БД-6
2	глубина	эхолот, датчики осадки	БД-4 (ЭКНИС), БД-6	
3	обеспеченность СНО	БД-1, БД-4 (ЭКНИС)		
4	наличие подводных или надводных препятствий	БД-4 (ЭКНИС)	БД-1, БД-4 (ЭКНИС)	
5	скорость ветра	судовая метеостанция	БД-1, БД-3	БД-1
6	курсовой угол ветра	судовая метеостанция	БД-3 (направление ветра), БД-5 (курс судна)	БД-1 (направление ветра), БД-5 (курс судна)
7	волнение	<i>вручную</i>	БД-1, БД-3	БД-1
8	курсовой угол волнения	<i>вручную</i>	БД-3 (направление волнения), БД-6 (курс судна)	БД-1 (направление волнения), БД-6 (курс судна)
9	скорость течения	двухкомпонентный лаг	БД-1, БД-3	БД-1
10	курсовой угол течения	двухкомпонентный лаг	БД-3, БД-5 (направление течения), БД-6 (курс судна)	БД-1 (направление течения), БД-6 (курс судна)
11	видимость	<i>вручную</i>	БД-3	БД-1
12	ледовая обстановка	<i>вручную</i>	БД-3	БД-1
13	обледенение	<i>вручную</i>	БД-3	БД-1
14	интенсивность и плотность движения судов	РЛС, САРП, АИС, БД-2	БД-2	БД-2
15	количество опасных целей	РЛС, САРП, АИС, БД-2	БД-2	БД-2
16	скорость судна	лаг, ГНСС	БД-6	БД-6
17	размеры судна	БД-6	БД-6	БД-6
18	местные правила	БД-1	БД-1	БД-1
19	оценки ЧФ	БД-7	БД-7	БД-7



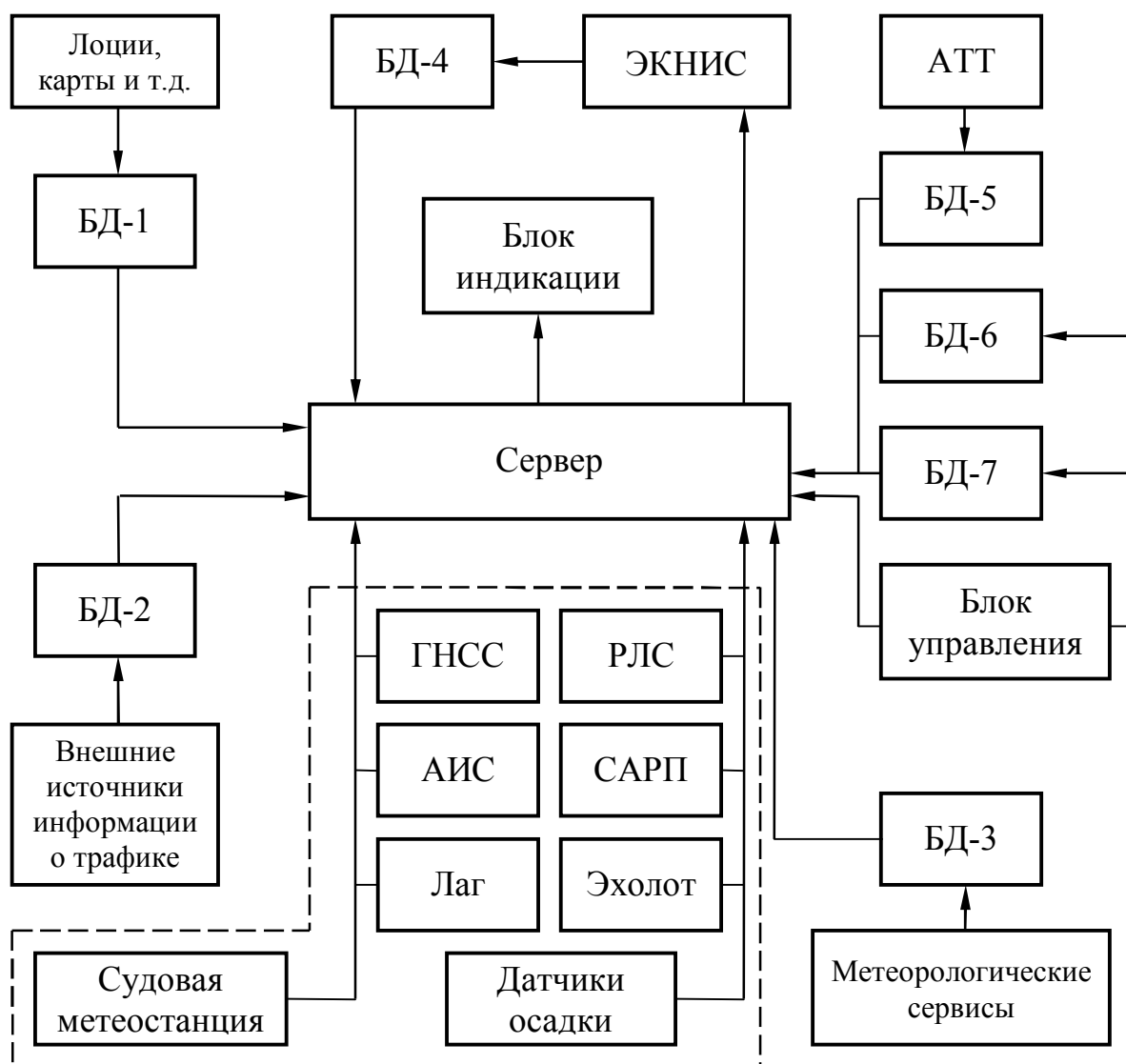


Рисунок 4.15 – Общая схема судовой автоматизированной системы прогнозирования чрезвычайной ситуации

Из таблицы 4.12 очевиден состав комплекса технических средств, задействованных в системе (на рисунке 4.15 комплекс выделен пунктиром): глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), эхолот, датчики осадки, судовая метеостанция, двухкомпонентный лаг, радиолокационная станция (РЛС), средства автоматической радиолокационной прокладки (САРП), автоматическая идентификационная (информационная) система (АИС). ЭКНИС здесь отнесена не к техническим, а к программным средствам.

Аппаратная часть сервера – компьютер – одновременно выполняет функции блоков управления и индикации.

Основой блока управления является диалоговая программа, посредством которой пользователь может регулировать доступные для этого настройки и загружает данные непосредственно в алгоритм и в соответствующие базы, формируемые вручную. Блок индикации предназначен для отображения (визуализации) рассчитанных (прогнозных) значений экстремальности на мониторе сервера и сигнализации о критических текущих значениях. Отображение экстремальности при краткосрочном и долгосрочном прогнозировании привязывается ко времени, месту и конкретному отрезку линии пути (ожидаемой линии), построенной при предварительной прокладке.

Как блок управления, так и блок индикации могут быть выполнены периферийными и представлять собой отдельные устройства ввода, управления и отображения, связанные с сервером.

Оптимальным средством отображения результатов работы системы (непосредственно прогноза экстремальности) является электронная картографическая навигационно-информационная система. Принципы построения ЭК-НИС позволяют использовать дополнительный слой (наложение) с прогнозной информацией о вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. Этот слой может содержать цифровую и графическую информацию для оперативного, краткосрочного и долгосрочного прогноза.

Цифровая информация может отображаться либо постоянно (при оперативном прогнозе), либо при наведении курсора на судно (при том же оперативном прогнозировании) или на ожидаемую линию пути (при краткосрочном и долгосрочном прогнозировании).

Графическое отображение экстремальности определяется либо цветом маркера судна (при оперативном прогнозировании), либо цветом ожидаемой линии пути (при краткосрочном или долгосрочном прогнозировании).

Калошин

#### 4.9 Матрица экстремальности в контексте управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии (выводы по четвёртой главе)

Обоснованная матрица экстремальности позволит определять, какие навигационные ситуации для конкретного судоводителя являются экстремальными как по рангу с определённой общей качественной характеристикой ситуаций, так и по конкретному перечню навигационных ситуаций ранга и представляет собой инструмент управления риском чрезвычайных ситуаций в морской индустрии.

Матрица экстремальности позволяет, во-первых, идентифицировать ситуации, в которых судоводитель не может нести самостоятельную вахту на мостике (то есть должен работать под контролем). Тем самым, капитан судна будет иметь информационную базу для принятия кадровых решений в отношении ходовой навигационной вахты, т.е. для оперативного управления риском ЧС.

Во-вторых, матрица экстремальности даёт возможность превентивного управления риском чрезвычайных ситуаций посредством обоснования и реализации индивидуальных и типовых программ поэтапной подготовки. Эти программы будут предусматривать тренажёрную отработку действий судоводителя в конкретных навигационных ситуациях одного ранга.

Алгоритм обоснованного метода и форма представления результатов его применения даёт возможность интегрировать матрицу экстремальности во многие процессы, связанные с судовождением и содержащие риск чрезвычайной ситуации. Кроме приведённых примеров интеграции (прогнозирование времени начала маневра последнего момента, оценка вероятности возникновения промаха в определении пеленга, определение межсигнального периода в СКДВП), обоснованный метод имеет потенциал и во многих других секторах мореплавания.

Так, матрица экстремальности даст возможность лицам, проводящим расследование морских аварий и инцидентов, количественно с учётом чело-

веческого фактора оценить ситуацию, в которой произошло происшествие.

Ещё одной предполагаемой сферой применения предложенной матрицы и метода оценки экстремальности, на ней основанном, является система поддержки принятия решений (СППР). Так, например, СППР для выполнения маневра последнего момента может использовать в своей структуре матрицу экстремальности для учета обстоятельств и условий плавания и человеческого фактора.

В структуре СППР матрица экстремальности может играть роль некоторого фильтра. В случае навигационных ситуаций с низкой экстремальностью система будет работать с меньшей нагрузкой, отдавая приоритет самостоятельным решениям судоводителей и, наоборот, при навигационных ситуациях с высоким, «красным» уровнем экстремальности СППР будет не только предлагать оптимальные решения, но и исполнять их.

Автоматизированная система прогнозирования чрезвычайной ситуации, концепция которой основана на матрице экстремальности и представлена в параграфе 4.6, является наиболее реализуемым вариантом СППР. Она дает возможность капитану судна как оперативно, так и заблаговременно спланировать мероприятия по минимизации вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, источником которой является навигационная авария.

Таким образом, обоснованный метод позволяет не только прогнозировать влияние человеческого фактора на навигационную безопасность судна и вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций при судовождении, но и в целях управления риском ЧС на море формировать комплекс различных технических, организационных и образовательных мероприятий, направленных на минимизацию этого влияния.

В качестве точечной оценки человеческого фактора предлагается использовать стрессоустойчивость судоводителя, которая является основной детерминантой влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна.

Представленная матрица экстремальности разработана в целях оценки влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания. Однако предложенный подход может быть адаптирован для его практической реализации и в других отраслях, где также значима роль человеческого фактора. В более далёкой перспективе можно будет рассмотреть вопрос об унификации матрицы экстремальности, что даст возможность использовать её в любой отрасли в оригинальном универсальном виде.

## Заключение

В итоге выполнения теоретических и методических исследований в рамках диссертационной работы были получены следующие научные результаты.

1. Доказано наличие устойчивой причинно-следственной связи «навигационная авария – чрезвычайная ситуация», т.е. навигационная авария является источником чрезвычайной ситуации, который всегда и безусловно приводит к её возникновению. При этом вероятность навигационной аварии и вероятность возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении равны.
2. Обосновано понятие «экстремальная ситуация в работе судоводителя».
3. Установлено, что понятие «опасная ситуация» является обобщающим к понятиям «экстремальная ситуация» и «чрезвычайная ситуация», которые являются не пересекающимися, но граничащими. При этом граница между экстремальной и чрезвычайной ситуацией определяется событием – навигационной аварией.
4. Обоснован критерий оценки вероятности возникновения ЧС на морском судне – экстремальность навигационной ситуации. Это величина функционально зависит от состояния элементов эрготехнической системы «судоводитель – судно – среда» (от человеческого фактора и сложности навигационной ситуации).
5. Формализовано понятие «навигационная ситуация». На основании структуры этого понятия и с использованием результатов проведенного экспертного оценивания разработан *метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации*.
6. Разработана матрица экстремальности, предназначенная для оценки вероятности возникновения чрезвычайной ситуации на морском судне. На основе матрицы экстремальности разработан соответствующий метод оценки. Составлена программа для ЭВМ, позволяющая автоматизировать расчёт экстремальности.
7. Предложена концепция судовой автоматизированной системы про-

гнозирования чрезвычайной ситуации.

8. Приведено обоснование практических приложений матрицы экстремальности: разработана математическая модель маневра последнего момента с пассивным фактором, учитывающая экстремальность; обоснованы алгоритмы использования матрицы в системе контроля дееспособности вахтенного помощника капитана и при оценивании вероятности возникновения промаха в процессе измерения пеленга навигационного ориентира.

Приведенные результаты диссертационного исследования позволяют констатировать, что эффективность управления риском чрезвычайных ситуаций на морских судах обеспечивается применением разработанной в процессе исследования методической базы для оценки возникновения чрезвычайной ситуации при судовождении, которая является основой для формирования технических, организационных и образовательных мероприятий по превентивному и оперативному управлению риском ЧС.

## Список сокращений и условных обозначений

<b>АИС</b>	Автоматическая идентификационная (информационная) система
<b>АСПЧС</b>	автоматизированная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций
<b>АЭС</b>	атомная электростанция
<b>БГАРФ</b>	Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
<b>БД</b>	база данных
<b>ВПК</b>	вахтенный помощник капитана
<b>ГНСС</b>	глобальная навигационная спутниковая система
<b>ГОСТ</b>	Межгосударственный стандарт – региональный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества независимых государств
<b>ГОСТ Р</b>	Государственный стандарт Российской Федерации
<b>ДСС</b>	динамическая семантическая сеть
<b>ИКАО</b>	Международная организация гражданской авиации (от англ. ICAO – International Civil Aviation Organization)
<b>ИМО</b>	Международная морская организация (от англ. IMO – International Marine Organization)
<b>ИНО-89</b>	Инструкция по навигационному оборудованию 1989 года
<b>Кодекс ПДНВ</b>	Кодекс по дипломированию моряков и несению вахты
<b>Конвенция ПДНВ</b>	Конвенция о дипломировании моряков и несению вахты 1978 года, с поправками
<b>КЧС</b>	комиссия по чрезвычайным ситуациям
<b>МКУБ</b>	Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения
<b>МПМ</b>	маневр последнего момента
<b>МППСС-72</b>	Международные правила по предупреждению столкновения судов 1972 года



<b>МЧС</b>	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
<b>НШСР</b>	Наставление по организации штурманской службы на морских судах флота рыбной промышленности СССР
<b>ООН</b>	Организация объединённых наций
<b>ООО</b>	общество с ограниченной ответственностью
<b>ПГК-2</b>	пеленгатор оптический морской
<b>ПРАИМ-2013</b>	Положение о расследовании аварий или инцидентов на море 2013 года
<b>РЛС</b>	радиолокационная станция
<b>РСЧС</b>	Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Российская система предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях)
<b>САРП</b>	средства автоматической радиолокационной прокладки
<b>СКДВП</b>	система контроля дееспособности вахтенного помощника капитана
<b>СНО</b>	средства навигационного оборудования
<b>СОЛАС-74</b>	Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года
<b>СППР</b>	система поддержки принятия решений
<b>СССР</b>	Союз Советских Социалистических Республик
<b>СУБ</b>	система управления безопасностью
<b>США</b>	Соединённые Штаты Америки
<b>УВД</b>	управление воздушным движением
<b>УПО</b>	условия, приводящие к ошибкам
<b>ФГБОУ ВО «КГТУ»</b>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»
<b>ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий)»

<b>ФЗ</b>	Федеральный закон
<b>ЦК КПСС</b>	Центральный комитет Коммунистической партии Советского Союза
<b>ЧС</b>	чрезвычайная ситуация
<b>ЧФ</b>	человеческий фактор
<b>ЭАК</b>	электрическая активность кожи
<b>ЭВМ</b>	электронно-вычислительная машина
<b>ЭДР</b>	электродермальная реакция
<b>ЭКНИС</b>	электронная навигационно-информационная картографическая система
<b>CNS</b>	сложность навигационной ситуации (от англ. Complexity of Navigational Situation)
<b>Е</b>	экстремальность
<b>EMSA</b>	European Maritime Safety Agency (Европейское агентство морской безопасности)
<b>HEART</b>	Human Error Assessment and Reduction Technique (Методика оценки и подавления человеческих ошибок)
<b>HF</b>	Human Factor (человеческий фактор)
<b>HRA</b>	Human Reability Assesment (Оценка надёжности человека)
<b>HTW</b>	Sub-Committee on Human Element, Training and Watchkeeping (Подкомитет по человеческому элементу, подготовке и несению вахты Комитета по безопасности на море ИМО)
<b>MSC</b>	Maritime Safety Committee (Комитет по безопасности на море ИМО)
<b>NS</b>	навигационная ситуация (от англ. Navigational Situation)
<b>R</b>	ранг сложности навигационной ситуации
<b>THERP</b>	Technique for Human Error Rate Prediction (Методика прогнозирования человеческих ошибок)

## Список литературы

- 1 Акимов, В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
- 2 Александров, В.Л. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях / В.Л. Александров, А.П. Матлах, Ю.И. Нечаев, В.И. Поляков, Д.М. Ростовцев. – Санкт-Петербург: ГМТУ, 2001. – 395 с.
- 3 Алексеев, В.И. Эргономика и моделирование «человеческого фактора» в технологическом процессе бункеровки морских судов топливом / В.И. Алексеев // Морские информационные технологии: сборник научных трудов. Под ред. А.Е. Сазонова. – СПб.: Элмор, 2002. – С. 33-39.
- 4 Аршинова, В.В. Психологическая устойчивость как фактор формирования антинаркотической установки в развитии личности: автореф. дис. ...канд. психол. наук: 19.00.07 / Аршинова Виктория Викторовна. – М., 2007. – 26 с.
- 5 Бекяшев, К.А. Безопасность на море: Нормативно-правовые аспекты строительства и использования судовой техники: справочник / К.А. Бекешев, В.Ф. Сидорченко. – Л.: Судостроение, 1988. – 240 с.
- 6 Берг, Т.Н. Нервно-психическая неустойчивость и способы ее выявления / Т.Н. Берг. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2005. – 63 с.
- 7 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.
- 8 Большая советская энциклопедия: В 30 т. Т. 29. – М.: Сов. Энциклопедия, 1978. – 640 с.
- 9 Бондарев, В.А. Основы построения адаптивной системы управлению безопасностью плавания рыбопромысловых судов / В.А. Бондарев, О.М. Бондарева, И.Р. Рагулина // Известия КГТУ. – 2016. – №43. – С. 221-228.
- 10 Бондарев, В.А. Аналитический обзор методов оценки надёжности человека / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Морская индустрия, транспорт и ло-

гистика в странах региона Балтийского моря: новые вызовы и ответы. Материалы VIII Международной конференции. – Калининград: Издательство БГАРФ, 2010. – С. 60-64.

11 Бондарев, В.А. Использование матрицы экстремальности для управления риском чрезвычайных ситуаций в судовождении [Электронный ресурс] / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Том 3. № 3. – Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/09/2017-N3-BondarevErmakov.pdf>

12 Бондарев, В.А. Матрица экстремальности / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: материалы тринадцатой межвузовской научно-технической конференции аспирантов, докторантов, соискателей и магистрантов / Сост.: М.Ю. Никишин / Под ред. Н.А. Костриковой. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2013 – С. 62-64.

13 Бондарев, В.А. Навигационная авария в контексте управления риском чрезвычайных ситуаций на море / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Проблемы анализа риска. – 2017. – Том 14. № 4. – С. 58-67.

14 Бондарев, В.А. Понятие «Экстремальная ситуация» в контексте безопасности мореплавания / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Морская индустрия, транспорт и логистика в странах региона Балтийского моря: новые вызовы и ответы. Материалы IX Международной конференции. – Калининград: Издательство БГАРФ, 2011. – С. 37-38.

15 Бондарев, В.А. Постановка задачи по разработке метода оценивания надежности человека в полиэргатических системах / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы одиннадцатой межвузовской научно-технической конференции аспирантов, соискателей и докторантов / Сост.: М.Ю. Никишин / Под ред. Н.А. Костриковой. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2010. – С. 9-14.

16 Бондарев, В.А. Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе

прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна / В.А. Бондарев, С.В. Ермаков // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2017. – № 5. – С. 66-73.

17 Вагущенко, Л.Л. Современные информационные технологии в судовой деятельности / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Одесская Национальная Морская Академия, 2013. – 134 с.

18 Вейхман, В.В. Безопасность мореплавания и человеческий фактор: учебное пособие / В.В. Вейхман. – Калининград: БГАРФ, 1998. – 58 с.

19 Голиков В.А. Человеческий фактор в условиях эксплуатации судна / В.А. Голиков, В.В. Голиков // Судовые энергетические установки: научно-техн. сборник. – Одесса: ОНМА, 2008. – Вып. 21. – С. 78-87.

20 ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.

21 ГОСТ Р 22.0.09-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Чрезвычайные ситуации на акваториях. Термины и определения. – Введ. 01.07.96. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2000. – 7 с.

22 ГОСТ Р 22.1.01-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения. – Введ. 02.11.95. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1996. – 6 с.

23 ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения. – Введ. 21.12.95. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1996. – 6 с.

24 ГОСТ Р 55059-2012. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения. – Введ. 12.11.2012. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.

25 Давыдовский, Ф.Н. Метод экспертных оценок и организация его проведения // Россия в ВТО: проблемы, задачи, перспективы. Сборник научных статей, вып. 13 / Под общей редакцией проф. В.В. Тумалева. – СПб.: НОУ ВПО «Институт бизнеса и права», 2012. – С. 218-222.

26 Даниленко, А.А. Профессиональная надёжность плавсостава как важ-

нейшее условие безопасности судоходства / А.А. Даниленко, А.А. Даниленко // Эксплуатация морского транспорта. – 2008. – № 3. – С. 30-35.

27 Даниленко, А.А. Психологические основы управления на морском транспорте: учебник / А.А. Даниленко. – СПб. Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2011. – 512 с.

28 Дерябин, В.В. Построение модели счисления пути судна на основе нейронной сети: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.19 / Дерябин Виктор Владимирович. – СПб., 2011. – 24 с.

29 Душков, Б.А. Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности: Словарь / Б.А. Душков, Б.А. Смирнов, А.В. Королёв; под ред. Б.А. Душкова; прил. Т.А. Гришиной. – 3-е изд. – М.: Академический Проект: Фонд «Мир», 2005. – 848 с. – (Серия «Gaudeamus»).

30 Евдокимов, В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004-2013 гг.: монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им А.М. Никифоров МЧС России. – СПб.: Политехника сервис, 2015. – 95 с.

31 Ермаков, С.В. Анализ определений понятия «человеческий фактор» / С.В. Ермаков // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромышленного флота и подготовки кадров: материалы тринадцатой межвузовской научно-технической конференции аспирантов, докторантов, соискателей и магистрантов / Сост.: М.Ю. Никишин / Под ред. Н.А. Костриковой. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2013 – С. 12-17.

32 Ермаков, С.В. Анализ применимости в мореплавании некоторых методов оценки человеческого фактора / С.В. Ермаков // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012». – Выпуск 4. Том 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012 – ЦИТ: 412-0494. – С. 83-90.

33 Ермаков, С.В. Анализ системы «судоводитель в ситуации» / С.В. Ермаков // Вестник МГТУ. – 2013. – Том 16. № 4. – С. 699-703.

34 Ермаков, С.В. Детализация понятия «промах в навигационных измерениях» / С.В. Ермаков // Инновационная наука. – 2015. – № 8-2(8). – С. 33-38.

35 Ермаков, С.В. Количественная оценка влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания / С.В. Ермаков // Научно-технические разработки в решении проблем рыбопромыслового флота и подготовки кадров: Материалы десятой межвузовской научно-технической конференции аспирантов, соискателей и докторантов / Сост.: М.Ю. Никишин / Под ред. Н.А. Костриковой/ – Калининград: Издательство БГАРФ, 2010. – С. 17-22.

36 Ермаков, С.В. Концепция матрицы экстремальности / С.В. Ермаков // В мире научных открытий. – 2012. – № 5.2(29) (Проблемы науки и образования). – С. 191-208.

37 Ермаков, С.В. Критерий разграничения зон открытого моря и прибрежного плавания при расчете допустимого интервала счисления / С.В. Ермаков // II Балтийский морской форум: материалы международного морского форума / Калининград: Издательство БГАРФ, 2014. – С. 40-47.

38 Ермаков, С.В. Математическая модель манёвра последнего момента с пассивным фактором / С.В. Ермаков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 2(30). – С. 41-48.

39 Ермаков, С.В. Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С.В. Ермаков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – Вып. 4. – С. 26-31.

40 Ермаков, С.В. Методика сравнительного анализа критериев выявления промахов в измерениях навигационных параметров / С.В. Ермаков // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 1(35). – С. 15-23.

41 Ермаков, С.В. Морское судно как элемент Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (понятийно-

терминологический анализ) / С.В. Ермаков // Инновационная наука. – 2016. – № 10-2(10). – С. 45-48.

42 Ермаков, С.В. Навигационная безопасность в системе безопасности мореплавания / С.В. Ермаков // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012». – Выпуск 3. Том 1. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012 – ЦИТ: 312-425. – С. 48-51.

43 Ермаков, С.В. Опасная, экстремальная и чрезвычайная ситуации в судовождении [Электронный ресурс] / С.В. Ермаков, В.А. Бондарев // Вопросы безопасности. – 2017. – № 4. – С. 13-22. – Режим доступа: [http://enotabene.ru/nb/article\\_23569.html](http://enotabene.ru/nb/article_23569.html)

44 Ермаков, С.В. Превентивное регулирование человеческого фактора в морском судовождении / С.В. Ермаков // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 5(39). – С. 39-50.

45 Ермаков, С.В. Промахи в навигационных измерениях: учебное пособие / С.В. Ермаков. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015. – 106 с.

46 Ермаков, С.В. Психологическая устойчивость судоводителя как основная детерминанта влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна / С.В. Ермаков // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 5. – С. 14-19.

47 Ермаков, С.В. Результаты исследования психологической устойчивости судоводителей / С.В. Ермаков // Теория и практика современной науки: материалы IX Международной научно-практической конференции, г. Москва, 26–27 марта 2013 г. В 2 т.: т. I / Науч.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований». – Москва : Изд-во «Спецкнига», 2013. – С. 75-79.

48 Ермаков, С.В. Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация» / С.В. Ермаков // Эксплуатация морского транспорта. – 2012. – № 4(70). – С. 17-21.



49 Ермаков, С.В. Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С.В. Ермаков // Журнал университета водных коммуникаций. – 2013. – Вып. 2(18). – С. 122-128.

50 Игнатенко, С.А. Учёт влияния человеческого фактора на возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера / С.А. Игнатенко, В.А. Зубков // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Х.: ХНАМГ, 2010. – Вип. 91. – С. 371-375.

51 Ильясов, Ф.Н. Экспериментальное обоснование количества делений шкалы // Социологические исследования. – 1984. – №4. – С. 113-116.

52 Инструкция по навигационному оборудованию (ИНО-89). № 9106. – ГУНиО МО СССР, 1989. – 304 с.

53 Кацман, Ф.М. Человеческий фактор в проблеме обеспечения безопасности судоходства / Ф.М. Кацман. – СПб.: СПГУВК, 2003. – 150 с.

54 Клименко, В.Д. Безопасность мореплавания и учёт человеческого фактора / В.Д. Клименко // Морской транспорт. Сер. «Судовождение, связь и безопасность мореплавания»: Экспресс-информация. – М.: Мортехинформ-реклама, 2002. – Вып.8 (339).

55 Клименко, В.Д. Вероятностный подход к нормированию человеческого фактора / В.Д. Клименко // Морские информационные технологии: Сб. науч. трудов, выпуск 2. – СПб.: Элмор, 2002. – 164 с.

56 Клименко, В.Д. Косвенный метод учёта человеческого фактора в судоходной компании / В.Д. Клименко // Тезисы докладов на научно-технической конференции ГМА им. С.О. Макарова. – СПб., 2003. – 344 с.

57 Клименко, В.Д. Проблема формализации человеческого фактора в судовождении / В.Д. Клименко // Тезисы докладов на научно-технической конференции ГМА им. С.О. Макарова. – СПб., 2001. – 224 с.

58 Клименко, В.Д. Разработка методов количественного учёта влияния человеческого фактора на безопасность судна: дис. ...канд. техн. наук: 05.22.19 / Клименко Валерий Дмитриевич. – СПб., 2003. – 161 с.

59 Клименко, В.Д. Учёт человеческого фактора в судоходных компаниях / В.Д. Клименко, А.Е. Сазонов // Морские информационные технологии: Сб. науч. трудов, выпуск 2. – СПб.: Элмор, 2002. – 164 с.

60 Клименко, В.Д. Человеческий фактор и обобщённые навигационные ситуации / В.Д. Клименко // Тезисы докладов на научно-технической конференции ГМА им. С.О. Макарова. – СПб., 2002. – 216 с.

61 Кобзев, В.В. Оценка морально-волевых характеристик судоводителей в процессе обучения на тренажёре / В.В. Кобзев, М.Л. Маринов, И.В. Телюк // Системы управления и обработки информации: Научн.-техн. сб. Вып. 27. – СПб.: ОАО «Концерн «НПО «Аврора», 2013. – С. 116-124.

62 Кодекс международных стандартов и рекомендуемой практики расследования аварии или инцидента на море (резолюция MSC.255(84) ИМО). Code of the International Standards and Recommended Practices for a Safety Investigation into a Marine Casualty or Marine Incident (IMO resolution MSC.255(84)) – СПб.: ЦНИИМФ, 2008. – 64 с.

63 Коноплёва, И.Н. Детерминанты психологической готовности к применению оружия сотрудниками правоохранительных органов [Электронный ресурс] / И.Н. Коноплёва, Н.В. Богданович // Психологическая наука и образование PSYEDU.ru. – 2010. – № 2. – Режим доступа: [http://www.psyedu.ru/files/articles/psyedu\\_ru\\_2010\\_2\\_Konopleva\\_Bogdanovich.pdf](http://www.psyedu.ru/files/articles/psyedu_ru_2010_2_Konopleva_Bogdanovich.pdf).

64 Концепция человеческого элемента, принципы и цели Организации – резолюция ИМО А.850(2). Сборник № 8 резолюций ИМО. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 1998. – 419 с.

65 Котик, М.А. Курс инженерной психологии / М.А. Котик. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.

66 Котик, М.А. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами) / М.А. Котик, А.М. Емельянов. – М.: Транспорт, 1993. – 252 с.

67 Круглеевский, В.Н. Оценка и прогнозирование человеческого фактора в сфере безопасности транспортных комплексов / В.Н. Круглеевский, М.Л.

Маринов, В.С. Стоянов // Международная научно-практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы»: труды конференции. – СПб: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2012. – С. 119-125.

68 Куратовский, К. Теория множеств / К. Куратовский, М. Мостовский / Перевод с английского М.И. Кратко под редакцией А.Д. Тайманова. – М.: Мир, 1970. – 416 с.

69 Лебедев, С.А. Философия науки. Словарь основных терминов / С.А. Лебедев. – М.: Академический Проект, 2004. – 320 с. (Серия «Gaudeamus»).

70 Лисицын Д.В. Чему научит нас «Надежда»? / Д.В. Лисицын, Н.А. Лисицына, Н.А. Воробьев. – Южно-Сахалинск: РОО «Экологическая вахта «Сахалина», 2017. – 137 с.

71 Литвак, Б.Г. О выборе делений шкалы. – В кн.: Статистические методы анализа экспертных оценок. М.: Наука, 1977. – С. 229-234.

72 Малыгина, Е.А. Роль человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности / Е.А. Малыгина, М.Л. Маринов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2013. – № 2(26). – С. 19-26.

73 Маринов, М.Л. Метод и алгоритмы оценки поведения судоводителей в процессе работы / М.Л. Маринов // Сборник научных трудов Двенадцатой Международной конференции по гражданскому судостроению, морской технике освоения океана и шельфа, судоремонту и производству судового оборудования «Нева-2013». – СПб.: ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс», 2013. – С. 7-14.

74 Маринов, М.Л. Проблемы и перспективы оценки человеческого фактора в транспортной деятельности / М.Л. Маринов // Сборник трудов V Международного форума «Безопасность на транспорте». – 2015. – С. 114-116.

75 Маринов, М.Л. Учёт человеческого фактора в аварийных ситуациях на море / М.Л. Маринов, В.Д. Клименко // Эксплуатация морского транспорта. – 2008. – № 2. – С. 25-29.

76 Маринов, М.Л. Человеческий фактор – особенности решения проблемы: монография / М.Л. Маринов. – Саарбрюккен: Lap Lambert, 2014. – 178 с.

77 Марищук, В.Л. Психодиагностика в спорте: учеб. пособие для вузов / В.Л. Марищук. – М., Просвещение, 2005. – 349 с.

78 Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС-74). (Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками), – СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2010. – 992 с.

79 Методы исследования в физиологии военного труда / Под ред. Новикова В.С. – М.: Воениздат, 1993. – 238 с.

80 Митрофанова, Н.В. Методические основы оценки человеческого фактора в системе управления рисками судоходных компаний : автореф. дис. ...канд. экон. наук: 08.00.05 / Митрофанова Надежда Владимировна. – СПб., 2007. – 28 с.

81 Михальский, В.А. Метрология в кораблевождении и решение задач навигации / В.А. Михальский, В.А. Катенин. – СПб.: Элмор, 2009. – 288 с.

82 Мойсеенко, С.С. Управление рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве: учебное пособие / С.С. Мойсеенко, Л.Е. Мейлер. – М.: Моркнига, 2017. – 385 с.

83 МЧС России. Термины МЧС. Устойчивость психологическая [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/86697/>

84 Наставление по организации штурманской службы на морских судах флота рыбной промышленности СССР (НШСР-86). – Л.: Транспорт, 1987. – 136 с.

85 Незавитина, Т.С. Психофизиологическая характеристика стресса в профессиональной деятельности морских лоцманов в портах Украины / Т.С. Незавитина // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2012. – № 1(27). – С. 73-83.

86 Незавитина, Т.С. Стрессоустойчивость в системе психофизиологического отбора профотбора судоводителей / Т.С. Незавитина, Т.В. Демидова, Л.М. Шафран // Украинский медицинский альманах. – 2008. – т. 11. – № 1 (дополн.). – С. 190-193.

87 Нечаев, Ю.И. Концептуальные основы создания бортовых интеллектуальных систем / Ю.И. Нечаев // Информационно-измерительные и управляющие системы. – Ч. 2: Корабельные системы. – 2006. – № 9. – С. 39-49.

88 Новая философская энциклопедия: В 4 т./Ин-т философии РАН, Нац. общ.-научн. фонд; Научно-ред. совет: предс. В.С. Степин, заместители предс.: А.А. Гусейнов, Г.Ю. Семигин, уч. секр. А.П. Огурцов. – М.: Мысль, 2010. – Т. II. – 2010. – 634 с.

89 Новейший философский словарь / Сост. А.А. Грицанов. – Минск: Изд. В. М. Скакун, 1998. – 896 с.

90 Пат. 2079285 Российская Федерация МПК<sup>6</sup> А 61 В 5/05. Устройство для регистрации электрической активности кожи / Кичкин В.И. : заявитель и патентообладатель научно-исследовательский центр электронных диагностических систем "Элдис" РАН. – № 93043492/14; заявл. 31.09.1993; опубл. 20.05.1997, Бюл. № 13. – 4 с., ил.

91 Пат. 2107460 Российская Федерация МПК<sup>6</sup> А 61 В 5/05, А 61 В 5/103, А 61 В 5/18. Способ регистрации кожно-гальванических реакций и устройство для его осуществления / Галченков Л.А., Дементиев В.В., Коренева Л.Г., Марков А.Г., Шахнарович В.М. : заявитель и патентообладатель акционерное общество закрытого типа «НЕЙРОКОМ». – № 96110526/14; заявл. 28.05.1996; опубл. 27.03.1998, Бюл. № 7. – 3 с., ил.

92 Пат. 2154983 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> А 61 В 5/05, А 61 В 5/16. Устройство для исследования биоэнергетических и информационных полей / Ставицкий А.И., Гальцев Ю.В., Даровских А.Н., Макаров Е.И., Морев А.В. : заявители и патентообладатели Ставицкий Анатолий Иванович, Гальцев Юрий Викторович, Даровских Андрей Николаевич, Макаров Евгений Иванович, Морев Андрей Валентинович. – № 99111023/14; заявл. 02.06.1999; опубл. 27.08.2000, Бюл. № 18. – 5 с., ил.

93 Пат. 2240031 Российская Федерация МПК<sup>7</sup> А 61 В 5/00, А 61 В 5/16. Способ оценки психического состояния и степени психической адаптации личности / Мирошник Е.В., Чубаров М.М., Старинец Ю.Ф. : заявители и па-

тентообладатели Мирошник Елена Владимировна, Чубаров Михаил Михайлович, Старинец Юрий Фёдорович. – № 2003118046/14; заявл. 19.06.2003; опубл. 20.11.2004, Бюл. № 33. – 5 с., ил.

94 Перелет, Р.А. Технологический риск и обеспечение безопасности производства / Р.А. Перелет, С.А. Сергеев. – М.: Знание, 1988. – 211 с.

95 Песков, Ю.А. Системы управления безопасностью в международном судоходстве: учеб. пособие / Ю.А. Песков ; М-во транспорта России; Новороссийская гос. морская акад. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новороссийск: НГМА, 2001. – 320 с.

96 Петров, О.Н. Контроль режима функционирования бортовой интеллектуальной системы в нештатных и экстремальных ситуациях / Петров О.Н. // Искусственный интеллект. 2008. – № 4. – С. 282-290.

97 Погосов, С.Г. Безопасность плавания в портовых водах / С.Г. Погосов. – М.: Транспорт, 1977. – 136 с.

98 Порфирьев Б. Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях / Б.Н. Порфирьев // Наука и техника управления. – 1989. – № 1. – С. 20.

99 Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации от 28 мая 2007 г. № 22 ст. 2640.

100 ПРАИМ-2013. Положение о расследовании аварий или инцидентов на море. – СПб.: ЦНИИМФ, 2014. – 48 с. – (Серия «Судовладельцам и капитанам», вып. № 24).

101 Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 3 марта 2003 г. № 156 «Об утверждении Указаний по определению нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 21 июля 2003 г. № 29.

102 Приказ ФАС РФ от 09.06.1999 №139. О введении программ подготовки членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской

Федерации в области человеческого фактора (CRM России).

103 Прикладная юридическая психология: Учебное пособие для вузов / Под ред. проф. А.М. Столяренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 639 с.

104 Психологический словарь / Под общ. ред. А. В. Петровского, М. Г. Ярошевского. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Политиздат, 1990 – 494 с.

105 Радкевич, В.В. Влияние человеческого фактора на управление технологическими процессами подземного хранения газа / В.В. Радкевич, Д.А. Ларин, А.В. Свиридов // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой отрасли. – 2011. – № 4. – С. 4-9.

106 Российская энциклопедия по охране труда: В 3 т. Т.3: С-Я. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. – 400 с.

107 Руководство по расследованию человеческого фактора в авариях и инцидентах на море: Резолюция ИМО А.884(21). – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2000. – 128 с. – (Серия «Судовладельцам и капитанам», вып. 19).

108 Руководство по управлению рисками. – СПб.: РМРС, 2010. – 25 с.

109 Сазонов, А.Е. Человеческий фактор и безопасность управления подвижными объектами / А.Е. Сазонов // Сборник материалов XVI Общего собрания академии навигации и управления движением, 23.10.2003. – С. 6-8.

110 Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А.Г. Сергеев, В.В. Терегеря. – М.: Издательство Юрайт, 2010. – 820 с.

111 Словарь психолога-практика / Сост. С. Ю. Головин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн: Харвест, М.: АСТ, 2001. – 976 с.

112 Словарь русского языка: В 4-х т. Т.1: А-Й / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Под ред. А.П. Евгеньевой. 3-е изд., стереотип. – М.: Русский язык, 1985. – 696 с.

113 Словарь русского языка / Сост. Ожегов С.И. – 3-е изд. – М.: Изд-во иностр. и нац. словарей, 1953. – 848 с.

114 Смирнов, В.Н. Особенности профессиональной экстремально-психологической подготовки сотрудников специальных подразделений органов внутренних дел: монография / В.Н. Смирнов. – М.: ВИПК МВД России,

2003. – 322 с.

115 Смоленцев, С.В. Применение динамической семантической сети для идентификации в интеллектуальных измерительных системах / С.В. Смоленцев // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – СПб.: Элмор, 2000. – т. 2, с.82-83.

116 Смоленцев, С.В. Человеческий фактор и пути обеспечения безопасности мореплавания с использованием динамических семантических сетей / С.В. Смоленцев // Морские информационные технологии. Сборник научных трудов. Под ред. А.Е. Сазонова. – СПб.: Элмор, 2002. – С. 4-8.

117 Столяренко, А.М. Экстремальная психопедагогика: учеб. пособие для вузов / А.М. Столяренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002 – 607 с.

118 Туркин, В.А. Управление безопасной эксплуатацией судов на основе анализа риска / В.А. Туркин // Безопасность жизнедеятельности. – 2003. – №8. – С. 21-26.

119 Туркин, В.А. Учёт психофизиологических свойств человека при оценке вероятности возникновения происшествий / В.А. Туркин // Морской флот. – 2002. – № 1. – С. 18-19.

120 Учебник спасателя / Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 528 с.

121 Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // «Собрание законодательства РФ», 26.12.1994, № 35, ст. 3648.

122 Фролов, А.И. Понятие чрезвычайной ситуации по российскому законодательству / А.И. Фролов // Криминалист. – 2015. – № 1(16). – С.72-76.

123 Шерстюк, В.Г. Гибридная интеллектуальная СППР для управления судном / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Журнал «Искусственный интеллект». – 2008. – № 3. – С. 490-499.

124 Bell, J. Review of human reliability assessment methods / J. Bell, J. Holroyd // Health and Safety Laboratory, United Kingdom, 2009. – 198 p.



125 Celik, M. Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents / M. Celik, S. Cebi // *Accident Analysis & Prevention*. – 2009. – № 41(1). – p. 66-75.

126 Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press); 1948.

127 Cruise Ship Costa Concordia. Marine Casualty on January 13, 2012. Report on the safety technical investigation. – Ministry of Infrastructures and Transports. Marine Casualties Investigative Body (Italy), 2012. – 176 p.

128 EMSA Facts & Figures 2016. – European Maritime Safety Agency, 2017. – 40 p.

129 Ennore Oil Spill – Chennai Coast. The Ecological Footprint – An Assessment. – Integrated Coastal and Marine Area Management (ICMAM) Project Directorate. Ministry of Earth Sciences, Government of India, 2017. – 57 p.

130 Hanninen, M. The Effects of Causation Probability on the Ship Collision Statistics in the Gulf of Finland / M. Hanninen, P. Kujala // *TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. – 2011. – Vol. 4, №. 1. – p. 79-84.

131 Harrald, J.R. Using system simulation to model the impact of human error in a maritime system / J.R. Harrald, T.A. Mazzuchi, J. Spahn, D.R. Van, J. Merrick, S. Shrestha, M. Grabowski // *Safety Science*. – 1998. – № 30(1-2). – p. 235-247.

132 Hetherington, C. Safety in shipping: The human element / C. Hetherington, R. Flin, K. Mearns // *Journal of Safety Research*. – 2006. – № 37(4). – p. 401-411.

133 Horn, S. The Atlantic Empress Sinking – A Large Spill without Environmental Disaster / S. Horn, P. Neal // *International Oil Spill Conference Proceedings: March 1981*. – № 1. – p. 429-435.

134 IMO Resolution MSC.128(75) Performance standards for a bridge navigational watch alarm system (BNWAS). Adopted on 20 May 2002 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data>

\_id=15498&filename=128%2875%29.pdf

135 ISM Code. International Safety Management Code with guidelines for its implementation. 2014 Edition. IMO, 2014. 79 p.

136 IUMI 2016 Berlin. Casualty and World Fleet Statistics as at 01.01.2016. Prepared by Philip Graham. – IUMI Facts & Figures Committee, 2016. – 40 p.

137 Macdonald, W. What Do ‘Ergonomists’ Do? / W. Macdonald // Ergonomics Australia. – 2009. – Vol. 21, № 4. – p. 6-17.

138 Macrae, C. Human factors at sea: common patterns of error in groundings and collisions / C. Macrae // Maritime Policy & Management. – 2009. – № 36(1). – p. 21-38.

139 MAIB Accident Report 25/2015. Grounding of Lysblink Seaways. Kilchoan, West Scotland. 18 February 2015. – Marine Accident Investigation Branch (UK), 2015. – 16 p.

140 Marine Accident Report No. NTSB/MAR-90/04. Grounding of the U.S. Tankship Exxon Valdez on Bligh Reef, Prince William Sound, near Valdez, Alaska, March 24, 1989. – National Transportation Safety Board (USA), 1990. – 263 p.

141 Martins, M.R. Human error contribution in collision and grounding of oil tankers / M.R. Martins, M.C. Maturana // Risk Analysis. – 2010. – № 30(4). – p. 674-698.

142 O’Neil, W. The human element in shipping / W. O’Neil // WMU Journal of Maritime Affairs. – 2003. – № 2(2). – p. 95-97.

143 Report on the investigation 20/2005 of the collision between Amenity and Tor Dania. South of Grimsby Middle, the River Humber, UK. 23 January 2005. – Marine Accident Investigation Branch (UK), 2005. – 36 p.

144 Report on the investigation 6/2007 of the collision between Skagern and Samskip Courier in the Humber Estuary 7 June 2006. – Marine Accident Investigation Branch (UK), 2007. – 65 p.

145 Report on the investigation 25/2007 of the collision between Gas Monarch and Whispa 6 miles ESE of Lowestoft during the evening of 16 April 2007. –

Marine Accident Investigation Branch (UK), 2007. – 46 p.

146 Report on the investigation 8/2016 of the capsizing and sinking of the cement carrier Cemfjord in the Pentland Firth, Scotland with the loss of all eight crew on 2 and 3 January 2015. – Marine Accident Investigation Branch (UK), 2016. – 113 p.

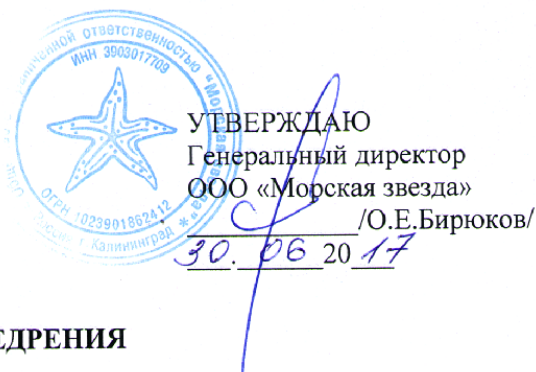
147 Xi, Y.T. Case-based HFACS for collecting, classifying and analyzing human errors in marine accidents / Y.T. Xi, , Q.G. Fang, W.J. Chen, S.P. Hu // The International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Hong Kong, 2009. – p. 2148-2153.

148 Xi, Y.T. HFACS model based data mining of human factors – a marine study / Y.T. Xi, W.J. Chen, Q.G. Fang, S. P. Hu // The International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Macao, Portugal, 2010. – p. 1499-1504.

149 Zhang, Y. Studies on human factors in marine engine accident / Y. Zhang, Y. Zhan, Q. Tan // Knowledge Acquisition and Modeling Conference, Wuhan, China, 2009. – p. 134-137.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Акт внедрения результатов диссертационного исследования в производственную деятельность ООО «Морская звезда»



#### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационного исследования  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
Ермакова Сергея Владимировича

**Настоящим актом подтверждается, что результаты работы:** «Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна»,

**выполненной:** соискателем кафедры судовождения «Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота» ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (Ф.И.О.): *Ермаковым Сергеем Владимировичем.*

**внедрены:** ООО «Морская звезда».

Вид внедренных результатов: метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации; метод количественной оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна,


Характеристика масштабов внедрения: рыболовные траулеры морозильно-консервные (супертраулеры) «Куршская коса», «Лира» (РТМК-С типа «Моонзунд», проект Атлантик 488).


Форма внедрения: элемент Системы управления безопасности (СУБ), предназначенный для оценки условий плавания при планировании перехода, оценки вероятности навигационного происшествия и возникновения чрезвычайной ситуации для поддержки принятия управленческих решений капитаном судна при переходе в район промысла (Северо-восточная Атлантика), плавании и промысле в этом районе и при переходе из района промысла в порт приписки.

Внедрение указанных результатов диссертационного исследования способствовало принятию капитаном рациональных решений при руководстве штурманской службой во время переходов судна и снижению риска навигационных аварий и чрезвычайных

## Продолжение приложения А

ситуаций. При этом была подтверждена достоверность и практическая значимость внедренных результатов диссертационного исследования.

Должность      Зам.ген.директора по БМ  
                         ООО «Морская звезда»       Иотченко Ф.Ф.

Должность      Капитан-наставник СБМ  
                         ООО «Морская звезда»       Степкин Н.М.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Акт внедрения результатов диссертационного исследования в учебный процесс

«Утверждаю»

Начальник БГАРФ

С.М. Карпович/

2017 г.



#### АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования  
в учебный процесс.

Результаты диссертационного исследования Ермакова Сергей Владимировича на тему «Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна» используются в учебном процессе, осуществляемом на кафедре судовождения для подготовки по специальности 26.05.05 «Судовождение».

Результаты указанного диссертационного исследования включены в курс «Основы прикладной теории риска», подтверждением чего являются:

- рабочая программа дисциплины, в которую включено практическое занятие №3 с наименованием «Матрица экстремальности» (3 часа), относящееся к теме «Риск как оценка безопасности мореплавания» раздела дисциплины «Формализованная оценка риска»,
- сборник заданий для практических заданий по дисциплине, изданный в 2014 издательством БГАРФ, где с 32 по 45 стр. изложены теоретические положения, представлено задание для выполнения на указанном выше практическом занятии и семь контрольных вопросов; список литературы (стр. 82-83) содержит семь имеющих отношение наименований, а в прил. 2-4 (стр. 85-90) включены перечень вопросов теста «Прогноз-2» и вспомогательные материалы для его прохождения и обработки результатов;
- методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения, изданные в 2015 году издательством БГАРФ, где в описании раздела дисциплины «Формализованная оценка риска» включено следующее: «Сложность и экстремальность навигационной ситуации. Оценка риска навигационной аварии с использованием матрицы экстремальности» (стр. 19), методические указания к изучению раздела указывают на то, что «одним из способов оценки риска является матрица экстремальности, при изучении алгоритма ее использования необходимо обратить внимание на различие понятий сложность и экстремальность навигационной ситуации, которое заключается в человеческом факторе, и на порядок расчета сложности» (стр. 21), а среди вопросов для самопроверки имеется пять формулировок, касающихся матрицы экстремальности (стр. 22-23).

Заместитель начальника «БГАРФ» ФГБОУ ВО «КГТУ»  
по учебно-методической работе

В.В. Алтунина

Начальник учебного отдела «БГАРФ» ФГБОУ ВО «КГТУ»

С.Ю. Морозова

Заведующий кафедрой судовождения  
«БГАРФ» ФГБОУ ВО «КГТУ»

В.М. Букацкий

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Определение фактической вероятности появления промаха в измерениях пеленга навигационного ориентира оптическим пеленгатором»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



### СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016618898

**Определение фактической вероятности появления промаха  
в измерениях пеленга навигационного ориентира  
оптическим пеленгатором**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(RU)*

Автор: *Ермаков Сергей Владимирович (RU)*



Заявка № **2016616518**

Дата поступления **21 июня 2016 г.**

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ **09 августа 2016 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

«Экстремальность навигационной ситуации»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2016661663**

**Экстремальность навигационной ситуации**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (RU)**

Автор: **Ермаков Сергей Владимирович (RU)**


Заявка № **2016619035**

Дата поступления **22 августа 2016 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **18 октября 2016 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**

