

УДК 656.61.08

## Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания

Д.А. Скороходов<sup>1</sup>, Л.Ф. Борисова<sup>2</sup>, З.Д. Борисов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, Санкт-Петербург*

<sup>2</sup> *Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра радиотехники и телекоммуникационных систем*

<sup>3</sup> *Северный военно-морской флот*

**Аннотация.** Разработана структура безопасности морской транспортной системы и сформулирована задача обеспечения ее безопасного функционирования. Обоснованы принципы и категории обеспечения безопасности судоходства и рисков потерь.

**Abstract.** The structure of marine transport system safety has been worked out and the task of its safe performance has been formulated. Principles and categories of navigation safety guaranteeing and risks of loss have been substantiated.

**Ключевые слова:** морская транспортная система, безопасность судоходства, показатели риска, категории безопасности мореплавания

**Keywords:** marine transport system, navigation safety, risk indices, categories of navigation safety

### 1. Введение

Статистика свидетельствует (Борисова, 2004; Транспорт..., 2004; Управление..., 2002) об устойчивой тенденции роста числа аварий, причем на первом месте среди всех типов аварийных ситуаций (АС) находятся столкновения судов (20,5 %). Доминирующей причиной, влияющей на аварийность Мирового морского флота, является человеческий фактор. Расследования показали, что 75 % аварий, происходящих на море, связаны с человеческими ошибками, независимо от причины аварии. Лишь около 10 % аварий возникает в результате действий непреодолимой силы, около 15 % являются следствием технического несовершенства судов и внезапного отказа судового оборудования.

Наиболее часто АС происходят по навигационным причинам (посадка судов на мель и столкновения). Имеются основания полагать, что эта тенденция сохранится и в ближайшем будущем. В то же время показатели по техническим видам АС в настоящее время снижены, а по пожарам и взрывам практически стабильны. Из материалов расследования АС следует, что штурманская работа на судах не организована должным образом. Причиной столкновений судов часто является отсутствие хорошей морской практики, недостаточная профессиональная подготовка судовых экипажей, действия береговых служб управления, некачественное техническое обслуживание и судоремонт. Причины роста аварийности на морском флоте следует искать в экономических, технических, информационных аспектах деятельности флота, а также в человеческом факторе.

Уровень аварийности судов под российским флагом за последние 10 лет увеличился в 4 раза. По классификации Российского морского регистра судоходства (РМРС), основными причинами АС являются нарушения Международных правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72) в море и Правил технической эксплуатации, ухудшение качества ремонта судов, значительный их возраст и соответственно выработанный ресурс судовых механизмов и оборудования, невыполнение судоводителями требований нормативных документов, недостаточное знание маневренных характеристик и правил плавания в сложных навигационных и гидрометеорологических условиях. Пожары на судах занимают 4-8 % в учете аварийных случаев, что свидетельствует об ослаблении требований со стороны судовладельцев к вопросам пожарной безопасности.

Работа по навигационной безопасности судоходства, проводимая на федеральном уровне, основана на выполнении международных конвенций, требований национального законодательства и направлена на повышение уровня безопасности мореплавания и предупреждение аварийности судов, совершенствование государственного надзора за торговым мореплаванием. Однако ограниченные ресурсные возможности, а также доминирующие коммерческие интересы усугубляют риск аварий и происшествий. Судоходные компании не уделяют должного внимания профилактической работе по снижению аварийности, работая в условиях жесткой конкуренции на рынке морских транспортных услуг (отсутствие стабильной

грузовой базы, относительно низкие фрахтовые ставки, значительное налоговое бремя, сложные таможенные процедуры). Предпосылкой АС является минимизация затрат судоходных компаний на техническое перевооружение и поддержание судна, его машин, механизмов, приборов и систем в требуемом техническом состоянии. Возраст судов является одной из причин повышения аварийности.

Статистика аварийных происшествий показывает, что, хотя прямые причины аварий часто можно отнести на счет действий отдельных лиц, доминирующими чаще всего являются ошибки группы лиц, т.е. организационные. Анализ специалистов-психологов выявил возрастающий разрыв между сложностью современной техники и психологическими возможностями человека как элемента системы "человек – машина". Руководящая и операторская деятельность человека на борту судна информационно перегружена и плохо обеспечена технологией принятия управленческих решений, учитывающей психологическое состояние человека, особенно в экстремальных ситуациях. Традиционная технология принятия управленческих решений базируется на использовании многочисленных наставлений, директивных, нормативных, правовых и технических документов на бумажных носителях, плохо приспособленных для поиска, восприятия и переработки необходимой информации. Общие соображения и рекомендации таких документов, безусловно, полезны, но в экстремальных ситуациях они не позволяют быстро находить конкретные управленческие решения. Громоздкая документация и правила ее применения не обеспечивают оперативного проведения сложных расчетов и численных оценок процессов, которые должны быть выполнены с упреждением по отношению к управляемым быстропротекающим событиям.

Современные высокоавтоматизированные комплексы морской техники освободили человека от большинства рутинных операций. Усилилась зависимость безопасности сложных технологических процессов от эффективности управляющих воздействий лиц, принимающих решения в экстремальных условиях и аварийных ситуациях. Учет и описание всего множества "нештатных" ситуаций в условиях ограниченного времени становится невыполнимой задачей. Для сложных многофункциональных человеко-машинных систем невозможно не только вычислить оптимизируемый функционал, но даже представить его в явном виде. Для усовершенствования базы быстрого принятия решений в аварийных ситуациях на судах ИМО рекомендовала создание интегрированной системы контроля и принятия решений в аварийных ситуациях.

Учащающиеся аварийные случаи на морском транспорте, ведущие к катастрофическим последствиям, гибели людей, экологическим катастрофам, а также возросшая угроза террористических актов выдвигают проблему обеспечения безопасности на морском транспорте в ранг общенациональной безопасности. Важнейшими факторами снижения аварийности является реализация программ обновления флота и его технического перевооружения, а также обеспечение стабильной финансово-экономической работы флота. В значительной степени этому будет способствовать создание Российского международного реестра судов и обеспечение согласованных действий РМРС и судоходных компаний по доведению до каждого члена экипажа политики российского классификационного общества в области качества технического надзора.

Отдельные вопросы безопасности на морском транспорте нашли свое отражение в ряде законодательных актов, таких как: Морская доктрина Российской Федерации, Кодекс торгового мореплавания РФ, Кодекс внутреннего водного транспорта РФ, определяющих государственную политику Российской Федерации в области морской деятельности. Принятые Федеральные программы определили ряд серьезных структурных преобразований морской транспортной системы России. Однако отсутствуют инструменты анализа безопасности транспортных систем, не ясна структура и состав показателей, критериев оценки, нет четких методик моделирования.

Все это придает проблемам обеспечения безопасности судоходства особое значение. Вопросы управления безопасностью движения судов должны рассматриваться с учетом рисков, связанных с перевозками опасных грузов. Центральным вопросом при транспортировке опасных грузов морским путем является экологическая безопасность перевозок. Освоение колоссальных природных богатств, сосредоточенных в Арктике и на континентальном шельфе, и их транспортировка требуют особой осторожности, т.к. здесь мы сталкиваемся с чувствительной окружающей средой и одной из самых уязвимых в мире экосистем. Большое значение имеют вопросы, связанные с оценкой рисков, системным анализом безопасности судна и выработкой мер по предупреждению, локализации и ликвидации последствий аварий. Актуальной является разработка моделей безопасности и развития аварии, а также аналитическое моделирование формирования и распространения поражающих факторов при авариях и разработка моделей оценки потенциальных последствий аварий.

Целью настоящей работы является разработка принципов системного анализа и обеспечения безопасности в морских транспортных системах с учетом показателей безопасности и оценок рисков функционирования.

## 2. Основные элементы и категории системы обеспечения безопасности мореплавания

Целью обеспечения безопасности судоходства является устойчивое и безопасное функционирование морского транспортного комплекса; защита интересов личности, общества и государства, а также объектов и субъектов морской транспортной инфраструктуры и потребителей транспортных услуг.

К объектам инфраструктуры морского порта (инфраструктуры мореплавания) относятся объекты и субъекты, имеющие морские порты конечным пунктом назначения, а именно: торговые суда, суда рыбопромыслового флота, маломерные плавательные средства, их персонал, грузы и багаж, морские вокзалы, якорные стоянки, морские торговые, рыбные, специализированные порты, портовые средства, гидротехнические сооружения, каналы, объекты систем связи, навигации и управления движением морских транспортных средств, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса морского порта здания, строения, сооружения, устройства и оборудование.

Основными задачами обеспечения безопасности в области мореплавания являются:

- определение угроз безопасности судоходства;
- оценка уязвимости объектов инфраструктуры мореплавания;
- нормативное правовое регулирование в области безопасности мореплавания;
- категорирование объектов инфраструктуры морского порта;
- разработка и реализация мер в области обеспечения безопасности мореплавания;
- подготовка специалистов в области обеспечения безопасности мореплавания;
- осуществление контроля и надзора в области обеспечения безопасности мореплавания;
- разработка и реализация требований безопасности мореплавания;
- информационное, материально-техническое и научно-техническое обеспечение безопасности мореплавания.

При анализе безопасности мореплавания необходимо учитывать следующие принципы:

1. Требования по обеспечению безопасности в области морского транспорта разрабатываются и устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области морского транспорта, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области обеспечения безопасности, и федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области внутренних дел, и являются обязательными для исполнения субъектами транспортной инфраструктуры.

2. Требования по обеспечению безопасности морского транспорта должны учитывать нормы в области защиты персонала, пассажиров и грузов от актов незаконного вмешательства, а также соответствовать требованиям государственных стандартов.

3. На отношения в области обеспечения транспортной безопасности не распространяются положения законодательства о техническом регулировании.

Все объекты транспортной инфраструктуры морского порта должны соответствовать следующим основным требованиям:

1. Объекты транспортной инфраструктуры должны соответствовать требованиям по обеспечению транспортной безопасности.

2. Объекты транспортной инфраструктуры, являющиеся объектами повышенной опасности и уязвимости, подлежат обязательной охране в порядке, установленном Правительством РФ.

3. Объекты транспортной инфраструктуры и транспортные услуги, оказываемые транспортной инфраструктурой морского порта, подлежат обязательной сертификации на соответствие требованиям транспортной безопасности.

4. Лицензирование деятельности инфраструктуры морского порта осуществляется при условии обязательной сертификации эксплуатируемых ими объектов инфраструктуры и предоставляемых услуг на соответствие требованиям по обеспечению безопасности мореплавания.

5. Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований по обеспечению безопасности мореплавания осуществляется федеральным органом исполнительной власти по надзору в области морского транспорта и федеральным органом исполнительной власти в области обеспечения безопасности.

6. Организация обязательной сертификации объектов инфраструктуры морского порта, а также оказываемых услуг по обеспечению безопасности мореплавания осуществляется федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области морского транспорта в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Обязательная сертификация осуществляется компетентной организацией в области обеспечения безопасности мореплавания.

Для каждого объекта инфраструктуры морского порта должна выполняться оценка рисков функционирования. При этом организация проведения оценки рисков возлагается на субъект

инфраструктуры морского порта и осуществляется компетентной организацией в области безопасности мореплавания с привлечением специализированных организаций.

Методика оценки уязвимости (рисков) объектов инфраструктуры морского порта разрабатывается компетентной организацией в области обеспечения безопасности мореплавания и утверждается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области морского транспорта, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти в области обеспечения безопасности и федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области внутренних дел (в настоящее время такая методика отсутствует).

Систему обеспечения безопасности в области морского транспорта образуют органы законодательной, исполнительной и судебной властей и специализированные организации в области безопасности морского транспорта, государственные центры по подготовке специалистов в области транспортной безопасности, субъекты инфраструктуры морского порта.

Правительство Российской Федерации организует координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и субъектов инфраструктуры в области безопасности морского транспорта. Федеральные органы исполнительной власти разрабатывают в пределах своей компетенции предложения по координации деятельности органов исполнительной власти в процессе реализации принятых решений в области обеспечения безопасности морского транспорта и оценивают их эффективность. Для решения оперативных и текущих вопросов, связанных с обеспечением безопасности мореплавания, государственные органы могут создавать межведомственные рабочие группы и комиссии по выработке мер предупреждения и защиты, а также по расследованию причин и обстоятельств, происшедших на объектах морской транспортной инфраструктуры.

Обеспечение безопасности мореплавания достигается проведением государственной политики в области обеспечения безопасности, системой мер организационного, экономического, технического и иного характера на плановой основе, адекватных угрозам жизненно важным интересам личности, общества и государства.

Для оценки безопасности могут быть использованы специализированные организации, обладающие компетенцией в области безопасности морского транспорта и выполняющие следующие основные функции:

- проведение оценки уязвимости (рисков) объекта инфраструктуры морского порта;
- разработка планов обеспечения безопасности объектов инфраструктуры морского порта;
- сертификация объектов инфраструктуры морского порта и транспортных услуг на соответствие требованиям безопасности мореплавания;
- категорирование объектов инфраструктуры морского порта с привлечением специализированных организаций в области безопасности мореплавания;
- ведение реестра категорированных объектов инфраструктуры морского порта;
- одобрение программ по подготовке специалистов в области безопасности мореплавания;
- внесение в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный в сфере морского транспорта, предложений по аккредитации специализированных организаций в области безопасности мореплавания;
- организация научно-технического и материально-технического обеспечения безопасности мореплавания.

Безопасность каждого элемента системы зависит от состояния самого элемента и от воздействия на него со стороны других элементов системы. Учитывая существенные различия между элементами системы, а также наличие разных точек зрения пассажира, судовладельца, исследователя, грузовладельца, эколога и т.д., в понятие безопасности элемента морской системы может вкладываться различный смысл. Единые определения и критерии оценки безопасности отсутствуют. С равным правом говорят как о безопасности судна, так и о безопасности пассажира, о грузовой безопасности, об экологической безопасности и т.д. Общее определение безопасности на море как ситуация, при которой не угрожает опасность кому-либо и (или) чему-либо, не проясняет положения. Во-первых, любое техническое сооружение, окружающая среда, вещества, содержащие аккумулированную энергию, или взаимодействующий с ними человек представляют собой опасность при определенных условиях развития аварийной ситуации. Во-вторых, важна не сама по себе угроза, а последствия ее реализации. В этом смысле опасной является такая ситуация, в результате которой наступает гибель людей, нарушается нормальное функционирование судна или происходит необратимое изменение сверх допустимых значений параметров, характеризующих свойства элемента морской транспортной системы (ТС).

*Безопасность элемента морской ТС* можно определить, как свойство функционировать без последствий в указанном смысле, а при их возникновении – восстанавливать параметры или нормальное

функционирование. В этом случае характеристика *уровня безопасности* оценивается вероятностью отсутствия таких происшествий или восстановления параметров и функционирования после возникновения происшествий. Очевидно, что вероятность отсутствия происшествий является функцией вероятностей проявления отдельных неблагоприятных факторов, а вероятность восстановления параметров или функционирования зависит от состояния мер технического, организационного, социального и правового характера, а также от тяжести последствий происшествия.

Для *оценки степени потенциальной угрозы безопасности мореплавания* на объектах инфраструктуры морского порта может быть использовано категорирование опасности объектов инфраструктуры морского порта. Под *категорией опасности* понимается комплексная характеристика, которая отражает степень потенциальной угрозы безопасности мореплавания в случае возникновения аварийных или опасных ситуаций на объектах инфраструктуры морского порта.

Критерии категорирования объектов инфраструктуры морского транспорта устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области морского транспорта, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области обеспечения безопасности, и федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области внутренних дел.

Категорирование объектов инфраструктуры морского транспорта осуществляется уполномоченной организацией в области безопасности морского транспорта с участием специализированных организаций в области безопасности морского транспорта.

Категорированные объекты включаются в реестр объектов транспортной безопасности, порядок ведения которого устанавливается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области транспорта. Ведение реестра осуществляется компетентной организацией в области транспортной безопасности.

Для различных объектов транспортной инфраструктуры следует использовать различные показатели безопасности.

### **3. Структура и основные показатели безопасности морских транспортных систем**

Функциональная структура морской системы определяет требования к обеспечению ее безопасности. Применительно к морской системе можно выделить следующие основные составляющие безопасности (*Скорыходов и др., 2004; Стариченков и др., 2002*):

- безопасность морских транспортных процессов,
- безопасность системы управления плавательными средствами,
- экономическая безопасность,
- экологическая безопасность,
- информационная безопасность,
- антитеррористическая безопасность.

Под *транспортным процессом* в общем случае понимается процесс перемещения транспортных средств, грузов и пассажиров с целью реализации основных функций ТС.

*Безопасность транспортных процессов* определяется свойством транспортных процессов быть безопасными или обеспечивать приемлемый уровень безопасности для участников этих процессов, функциональных элементов ТС, окружающей среды и населения. Безопасность морских транспортных процессов обеспечивается безопасностью плавательных средств и безопасностью инфраструктуры морского порта.

*Безопасность плавательных средств* определяет свойство плавательных средств функционировать безопасно или с нанесением допустимого ущерба для окружающей среды, населения и других элементов ТС. Различают собственную безопасность плавательных средств и безопасность перемещения грузов и пассажиров с использованием плавательных средств.

*Безопасность инфраструктуры морского порта* определяет свойство инфраструктуры быть безопасной или обладать приемлемым уровнем опасности для транспортных процессов, окружающей среды и населения. Она включает в себя безопасность хранения грузов и плавательных средств, безопасность погрузочно-разгрузочных работ, безопасность утилизации грузов (транспортных средств, объектов инфраструктуры), безопасность строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры морского порта.

*Безопасность системы управления плавательными средствами* определяет способность системы управления исключать или своевременно парировать возникновение инцидентов, аварийных или чрезвычайных ситуаций для отдельных плавательных средств и объектов инфраструктуры морского порта.

Безопасность системы управления обеспечивается за счет мониторинга, контроля и прогнозирования процессов, протекающих в морской ТС, и складывается из следующих компонентов:

- информационной безопасности ТС и ее компонентов;

- надежности и готовности средств дистанционного контроля и управления;
- надежности системы управления работой плавательных средств;
- безопасности транспортных процессов;
- экономической безопасности.

*Экономическая безопасность* – свойство ТС обеспечивать безопасность экономической, инвестиционной и иной коммерческой деятельности субъектов ТС при возникновении различного рода рисков, опасных и чрезвычайных ситуаций. Экономическая безопасность включает информационную безопасность ТС и ее компонентов, безопасность системы управления плавательными средствами, безопасность транспортных процессов, антитеррористическую безопасность.

*Экологическая безопасность* – это безопасность ТС для окружающей среды и населения. Экологическая безопасность ТС предполагает анализ трех видов взаимосвязей:

- 1) "Человек – техника" внутри транспортной системы, которая характеризует экологические и биологические аспекты влияния работы технических средств судоходства и сферы их обслуживания на людей, занятых в сфере судоходства.
- 2) "Техника – природа", которая характеризует различные аспекты воздействия ТС на природную среду.
- 3) "Техника – население", которая характеризует прямое воздействие ТС на население, проживающее на определенной территории.

Экологическая безопасность характеризуется следующими основными показателями:

- уровнем загрязнений (по видам веществ и физическим полям), который определяет объем вредных веществ (излучений), попадающих в природную среду в процессе нормального (штатного) функционирования ТС и ее элементов;
- экологическим ущербом, наносимым загрязнением территорий, который определяется суммарными затратами, необходимыми на проведение мероприятий по устранению последствий загрязнений территорий;
- экологическим риском, который определяется вероятностью возникновения аварийных ситуаций, оказывающих влияние на состояние окружающей среды, или мерой опасности, характеризующей возможность возникновения аварии при транспортировке опасных грузов и тяжесть ее последствий.

*Информационная безопасность* – это показатель, характеризующий безопасность информационных процессов в ТС, ее системе управления и автоматизированных системах, используемых для решения задач управления транспортными процессами.

*Антитеррористическая безопасность* определяет способность ТС и ее составляющих противостоять террористическим проявлениям и целенаправленному воздействию, препятствующему нормальной работе ТС, а также обеспечивать в случае их возникновения безопасность транспортных процессов и населения.

Задача обеспечения безопасного функционирования морской ТС заключается в обеспечении безопасности всех составляющих этой системы и может быть сформулирована следующим образом (Скороходов и др., 2004; Стариченков, Степанов, 2005). Пусть  $H_i$  – количественное значение комплексного показателя для отдельной составляющей безопасности системы. Требуется обеспечить условия функционирования системы, при которых  $H_i$  является максимальной или лежит в диапазоне допустимых значений:

$$\forall i \{H_i \rightarrow \max | H_i \in H_{\text{доп}}\} \Leftrightarrow H_{\text{ТС}} \in H_{\text{ТС}}^{\text{доп}}$$

Для решения данной задачи требуется обеспечить безопасность отдельных функциональных элементов системы, а также протекающих в системе транспортных, информационных и финансовых процессов.

Для решения поставленной задачи требуется внедрение специализированных систем управления безопасностью мореплавания. Под *системой управления безопасностью* мореплавания понимается комплексная организационно-техническая система, выполняющая функции анализа состояния, контроля и обеспечения безопасности как отдельных функциональных элементов и процессов, так и системы в целом.

Качество работы судоходных компаний и государственных контролирующих органов обеспечения безопасности мореплавания оценивается *показателями аварийности* на флоте. Всесторонняя оценка риска аварийных ситуаций основывается на анализе причин их возникновения (отказов технических устройств, ошибок персонала, внешних воздействий) и условий развития аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу эксплуатирующей организации или третьим лицам, вреда окружающей природной среде. Анализ показывает, что в качестве основных критериев безопасности морских ТС следует рассматривать следующие показатели:

- значения концентраций опасных веществ (экологическая безопасность);

- уровень аварийности и травматизма на морском транспорте (функциональная безопасность);
- уровень ущерба от аварий и инцидентов на морском транспорте (функциональная безопасность);
- уровень риска как интегральной характеристики безопасности.

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют *технический риск*, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.

Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности является *индивидуальный риск* – вероятность поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. Индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

При расчете распределения риска по территории вокруг объекта и отображении полей риска показатель "индивидуальный риск" определяется потенциальным территориальным риском и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов.

Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является *потенциальный территориальный риск* – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия, находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях.

Распределения потенциального риска и распределение людей в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку социального риска. Для этого нужно определить число пострадавших при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить зависимость частоты событий ( $F$ ), в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного ( $N$ ), от этого определенного числа людей (социальный риск).

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является *коллективный риск*, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий за определенный период времени.

Для целей экономического регулирования безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически *ожидаемый ущерб* в стоимостных или натуральных показателях (математическое ожидание ущерба или сумма произведений вероятностей причинения ущерба за определенный период на соответствующие размеры этих ущербов).

Для оценки безопасности морского судна целесообразно использовать следующие показатели:

1. вероятность появления происшествий (реализации класса риска) за время функционирования морского судна  $Q(\tau)$ ;
2. ожидаемые средние затраты на предупреждение происшествий и снижение возможного ущерба  $M_t[S]$ ;
3. ожидаемый средний ущерб от происшествий в случае их появления в период функционирования морского судна  $M_t[Y]$ .

В общем случае при анализе риска аварии часто приходится иметь дело с неточными и неполными исходными данными, а в рассмотрение принимается только основная часть спектра сценариев возможных аварий на морском транспорте.

В самом простом случае для решения подобных задач в дополнение к методам теории вероятностей могут использоваться методы математической статистики как для определения законов распределения случайных величин потерь при аварии на морском транспорте, так и для нахождения неизвестных параметров этих распределений.

#### 4. Анализ показателей безопасности системы водного транспорта региона

Центральное место среди показателей безопасности работы водного транспорта региона занимают факторы, оказывающие влияние на безопасность самого судна. Их можно условно разбить на пять групп (рис. 1):

- неудовлетворительные свойства судна: плавучесть, остойчивость, непотопляемость, ходкость, управляемость, мореходность, прочность, живучесть;
- неблагоприятные внешние условия: ветер, волнение, течение, плохая видимость (туман, темное время суток), температура воздуха, айсберги, подводные препятствия (риффы, скалы, отмели), интенсивность судоходства, стесненность в районе плавания и т.д.;
- отказы судовых технических средств и оборудования;
- воздействия грузов, функциональных систем и устройств целевого назначения (промышленное оборудование, системы поиска и добычи полезных ископаемых со дна моря и др.);

- ошибки в действиях экипажа, пассажиров, персонала либо бездействие лиц, обеспечивающих безопасность судна.



Рис. 1. Факторы, оказывающие влияние на безопасность судна

Среди факторов, влияющих на безопасность человека, можно также отметить ряд групп (рис. 2):

- факторы, зависящие от состояния безопасности и надежности судна как транспортного средства в нормальных и аварийных режимах, а также от состава и состояния судовых спасательных средств индивидуального и коллективного пользования;
- факторы, определяющие уровень организации и оснащенности поисково-спасательной службы в стране и взаимодействие ее с поисково-спасательными службами других стран;
- внешние воздействия, метеоусловия;
- психофизиологическое состояние и профессиональная подготовка, дисциплинированность экипажа.



Рис. 2. Факторы, влияющие на безопасность человека

Опасные воздействия на окружающую среду могут проявляться вследствие следующих причин (рис. 3):

- аварийные повреждения судна или его технических средств, вызывающих разливы топлива и нефтепродуктов, радиоактивное заражение при авариях судов с ядерными энергетическими установками и т. д.;
- несоблюдения правил хранения и перевозки опасных грузов или несовершенства этих правил;
- ошибочные действия экипажа при заправке топливом, погрузке-выгрузке опасных грузов, осуществлении мер по борьбе за живучесть судна и др.;
- пожары и взрывы на судне, особенно находящемся вблизи других пожаро- и взрывоопасных судов и береговых объектов;
- использование типов судов, особенно быстроходных, создающих мощную волновую систему, приводящую к повреждениям и разрушениям берегов и береговых сооружений.



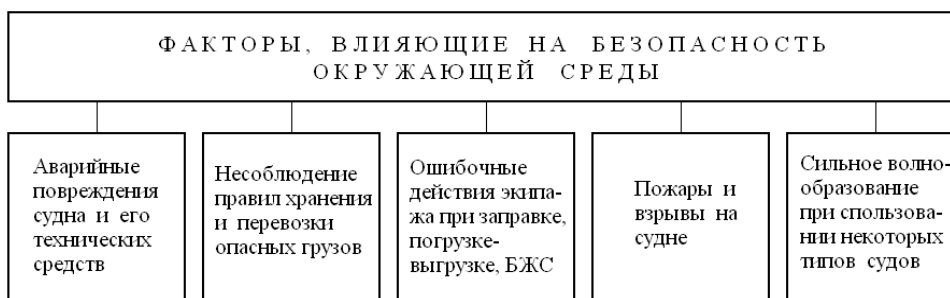


Рис. 3. Факторы, влияющие на безопасность окружающей среды

На безопасность груза влияют следующие факторы (рис. 4):

- физико-химические и другие свойства грузов;
- условия размещения груза на судне;
- внешние условия и воздействия: качка, крен, заливаемость, обледенение;
- аварийные повреждения судна и судовых технических средств, пожары и взрывы.

Можно сформулировать факторы, оказывающие влияние на безопасность остальных элементов системы водного транспорта. Приведенные факторы могут уточняться, дополняться по мере углубления исследований. Чем подробнее учитывается влияние факторов, тем точнее могут быть получены количественные показатели безопасности.

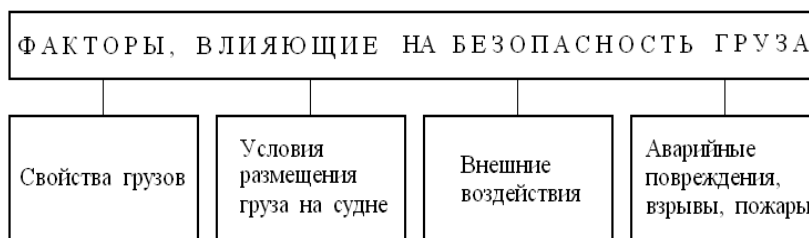


Рис. 4. Факторы, влияющие на безопасность груза

С формальной точки зрения безопасность водного транспорта является сложной функцией разнообразных, как правило, случайных факторов и может быть определена в виде

$$\begin{cases} P_c = F_1(\Phi_{c1}, \dots, \Phi_{ci}) \\ P_\varepsilon = F_2(\Phi_{\varepsilon1}, \dots, \Phi_{\varepsilon j}) \\ P_{oc} = F_3(\Phi_{oc1}, \dots, \Phi_{ocq}) \\ P_{гр} = F_4(\Phi_{гр1}, \dots, \Phi_{грl}), \end{cases} \quad (1)$$

где  $P_c, P_\varepsilon, P_{oc}, P_{гр}$  – вероятности, относящиеся соответственно к судну, экипажу, окружающей среде, грузу;  $\Phi_{ci}, \Phi_{\varepsilon j}, \Phi_{ocq}, \Phi_{грl}$  – факторы, влияющие на безопасность судна, экипажа, окружающей среды, груза соответственно.

В настоящее время для характеристики безопасности водного транспорта нашли применение статистические и вероятностные показатели, которые различают как общие и частные, абсолютные и относительные.

*Общие показатели* характеризуют безопасность мореплавания независимо от причин аварийности, а *частные показатели* характеризуют безопасность мореплавания по конкретным причинам аварийности или по группе причин.

К *общим абсолютным статистическим показателям* безопасности относятся: число аварий, число и валовая вместимость погибших судов, число человеческих жертв, количество и стоимость погибшего груза и т.д. за определенный промежуток времени, например, за год. К *частным абсолютным статистическим показателям* относятся те же показатели, но вызванные определенной причиной. Эти сведения регулярно публикуются. Журнал "Морской флот" ежемесячно приводит общие абсолютные потери мирового флота (число судов и общая валовая вместимость), а также частные потери по аварийным причинам: столкновения, посадки на грунт, опрокидывание, пожары и взрывы, а также прочие причины.

*Относительные показатели* безопасности являются более универсальными. Они характеризуют число аварий и потерь, приведенных к определенному объему выполненных работ (число перевезенных пассажиров, грузов, число рейсов и их продолжительность или протяженность и т.д.). Относительные

статистические показатели позволяют оценить достигнутый уровень безопасности, уровень совершенства судов, судовых технических средств, организации и обеспечения аварийно-спасательных работ, степень подготовки и дисциплины экипажа. Главным достоинством статистических показателей, получаемых в результате статистической обработки данных, является их объективность. Вместе с тем, эти показатели имеют ряд существенных недостатков. Они отражают уже свершившиеся события, не могут быть использованы для решения перспективных задач управления уровнем безопасности, для поиска путей предотвращения аварий и т.д.

Количественно показатели уровня безопасности удобно выражать в виде вероятностей. Например, вероятность безопасного плавания без аварийных происшествий можно представить показателем

$$P_{\text{б}} = \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{aci}}), \quad (2)$$

где  $P_{\text{aci}}$  – вероятность появления аварийной ситуации от  $i$ -го источника (фактора).

Выражения вероятностей при оценке различных состояний и процессов различаются. Разработка системы вероятностных показателей безопасности имеет самостоятельное значение и должна основываться на моделях безопасности, которые для каждого конкретного случая и процесса различны. Например, вероятность спасения экипажа при оставлении судна можно определить показателем

$$P_{\text{спз}} = P_{\text{спб}} + P_{\text{спACC}} (1 - P_{\text{спб}}), \quad (3)$$

где  $P_{\text{спб}}$  – вероятность спасения экипажа с использованием судовых спасательных средств индивидуального и коллективного пользования;  $P_{\text{спACC}}$  – вероятность спасения экипажа с помощью средств и сил аварийно-спасательных служб.

При необходимости учета дополнительных факторов (возможность использования экипажем бортовых спасательных средств, использование средств поисково-спасательных служб других государств и т.д.) выражение (3) усложнится и примет, например, вид

$$P_{\text{спз}} = P_{\text{спб}} + P_{\text{спACC}} (1 - P_{\text{спб}}) + P_{\text{спИACC}} (1 - P_{\text{спб}}) (1 - P_{\text{спACC}}), \quad (4)$$

где  $P_{\text{спИACC}}$  – вероятность спасения экипажа с помощью средств иностранных спасательных служб.

В более обобщенном виде выражение вероятности, характеризующей безопасность человека на море, имеет вид

$$P_{\text{бч}} = (1 - P_{\text{ac}}) + P_{\text{ac}} P_{\text{лас}} + P_{\text{ac}} (1 - P_{\text{лас}}) P_{\text{СПЭ}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{ac}}$  – вероятность появления аварийной ситуации;  $P_{\text{лас}}$  – вероятность ликвидации или локализации аварийной ситуации;  $P_{\text{СПЭ}}$  – вероятность спасения экипажа.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что для определения количественных показателей безопасности водной системы необходимо решение следующих проблем:

- разработка моделей безопасности для различных элементов системы и с учетом разнообразных ситуаций;
- определение вероятностных характеристик частных событий, входящих в модели безопасности.

Под частными событиями здесь понимается проявление факторов, оказывающих влияние на безопасность. При этом для оценки вероятностных характеристик должны учитываться законы распределения, установленные по результатам предшествующего опыта.

## 5. Заключение

Проведенное исследование показало, что основными причинами роста аварийности на морском флоте являются экономические, технические, информационные и человеческий фактор. При разработке мероприятий по обеспечению безопасности судоходства для улучшения информационно-технологического обеспечения бортового оборудования судна и оказания помощи судоводителю в принятии управленческих решений необходимо учитывать психологическое состояние человека, особенно в экстремальных ситуациях.

Анализ основных проблем и задач обеспечения безопасности в области мореплавания позволил сформулировать общее определение и принципы безопасности на море, определить основные требования к объектам транспортной инфраструктуры морского порта, дать определение безопасности элемента морской транспортной системы, а также сформулировать критерии оценки безопасности, основанные на применении показателей риска.

Введена структура безопасности морской транспортной системы и сформулирована задача обеспечения ее безопасного функционирования. Для решения задачи введено понятие специализированной системы управления безопасностью мореплавания, как комплексной организационно-технической системы, выполняющей функции анализа состояния, контроля и

обеспечения безопасности как отдельных функциональных элементов и процессов системы морского порта, так и системы в целом.

Показана целесообразность разделения показателей на прямые и косвенные, абсолютные и относительные. Обоснован вывод о том, что для определения количественных показателей безопасности водной системы необходимо решение двух проблем: разработка моделей безопасности для различных элементов системы и с учетом разнообразных ситуаций; определение вероятностных характеристик частных событий, входящих в модели безопасности.

Использование принципов системного анализа и обеспечения безопасности в морских транспортных системах с учетом показателей безопасности и оценок рисков функционирования позволит повысить безопасность морских транспортных систем.

## Литература

- Борисова Л.Ф.** Анализ причин столкновения судов и проблемы безопасности мореплавания. *Наука и образование: Материалы Междунар. научно-техн. конф. (Мурманск, 7-15 апреля 2004).* Мурманск, МГТУ, ч.5, с.245-249, 2004.
- Скорыходов Д.А., Стариченков А.Л., Хабарова И.В.** Разработка методологии управления безопасностью транспортных систем (на примере Северо-Западного региона). *Отчет о НИР (промежуточный).* СПб., ИПТ РАН, 135 с., 2004.
- Стариченков А.Л., Степанов И.В.** Управление рисками в региональной транспортной системе. *Всероссийская конф. "Управление и информационные технологии – УИТ-2005". Сб. докл., СПб., т.2, с.30-39, 2005.*
- Стариченков А.Л., Степанов И.В., Чернышева Т.С.** Принципы создания информационного обеспечения региональной транспортной системы. *5-я Междунар. конф. "Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах". Сб. трудов, СПб., с.196-198, 2002.*
- Транспорт и связь России. *Стат. сб. М., Госкомстат России, 141 с., 2004.*
- Управление безопасной эксплуатацией флота. *СПб., Российский морской регистр судоходства, с.6, 2002.*