

знании возможностей и свойств аппаратуры и приборов, входящих в состав АРМ, их характеристик и областей применения возможно максимальное использование заложенных в них ресурсов и потенциала.

### Список литературы

1. *Радионов А. И.* Автоматизация судовождения / А. И. Радионов, А. Е. Сазонов. — М.: Транспорт, 1992. — 192 с.
2. *Кантарь И. Л.* Автоматизированные рабочие места управленческого аппарата / И. Л. Кантарь. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 428 с.
3. *Пономарев Я.* Адаптивная к требованиям судов различного класса технология формирования рабочих мест судоводителей в составе интегрированных мостиковых систем: тез. / Я. Пономарев. — СПб.: ЗАО «Транзас», 2013. — 60 с.
4. *Дмитриев В. И.* Информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование (e-NAVIGATION): учеб. пособие / В. И. Дмитриев. — М.: Моркнига, 2013. — 176 с.
5. *Фадюшин С. Г.* Компьютерные технологии в судовождении: учеб. пособие / С. Г. Фадюшин. — Владивосток: Морской гос. ун-т, 2004. — 83 с.

**УДК 656.085**

**С. С. Мойсеенко,**

д-р пед. наук, канд. техн. наук,  
Балтийская государственная академия  
рыбопромышленного флота;

**В. П. Скрыпник**

канд. пед. наук,  
Балтийская государственная академия  
рыбопромышленного флота;

**О. Г. Фаустова,**

аспирант,  
Балтийская государственная академия  
рыбопромышленного флота

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МОРЕПЛАВАНИИ И ОКЕАНИЧЕСКОМ РЫБОЛОВСТВЕ

### DIFFERENTIAL-INTEGRAL APPROACH TO THE MODELING OF THE DEVELOPMENT OF EMERGENCY SITUATIONS IN SHIPPING AND OCEANIC FISHERIES

*Статья посвящена актуальным вопросам разработки и внедрения системы оценки и управления рисками в промышленном (океаническом) рыболовстве. В статье рассмотрен сценарный план (основные этапы) рейса рыболовного судна в контексте «источники аварий–причины–риски–возможные последствия», который является наглядным примером развития аварийной ситуации на судне. Представленная*

модель/сценарий возникновения и развития аварийной ситуации морских судов является эффективным средством, которое помогает проанализировать возможные пути развития различных видов аварий, определить проблемы «узких мест» и снизить возможные последствия аварий, тем самым снизив уровень аварийности на транспорте.

*The article is devoted to actual questions of development and introduction of the system of risk assessment and management in industrial (oceanic) fishing. The article considers the scenario plan (basic stages) of the trip of the fishing vessel in the context of the “sources accidents—causes—risks—potential consequences”, which is a good example of development of an emergency on board. The presented model/scenario of the origin and development of emergency ships is an effective tool that helps to analyze possible ways of development of different types of accidents, determine the problems of bottlenecks and reduce the possible consequences of accidents, thereby reducing the level of accidents on transport.*

*Ключевые слова: аварийная ситуация (АС), сценарий развития аварийной ситуации, рыбопромысловые суда, человеческий фактор, риск подмочки и порчи груза, дифференциация причин ЧС, пожар, разлив топлива, гибель судна.*

*Key words: emergency, the scenario of emergency, fishing vessels, the human factor, the risk of damage and spoilage of cargo, differentiation of the reasons of emergencies, fire, spillage of fuel, the loss of the vessel.*



**АКТУАЛЬНОСТЬ** разработки и внедрения системы оценки и управления рисками в промышленном (океаническом) рыболовстве и транспортировке сырья (биоресурсы, минералы) обусловлена необходимостью снижения уровня аварийности и повышения надежности работы рыбопромыслового флота и транспортировки сырья [1; 2]. Особенности промысловых аварий и инцидентов определяются спецификой и условиями работы рыболовного флота [1], а также транспортного обслуживания судов в районах промысла. В отличие от обычных навигационных аварий, рыболовные суда, как правило, ведут промысел на ограниченных акваториях при большом скоплении судов. Сам факт большого скопления судов при ограниченности акваторий является источником, «провоцирующим» возникновение причин промысловых аварий (столкновение судов, сцепление орудий лова, потеря орудий лова и др.). Вероятность возникновения АС и аварий с рыболовными судами выше, чем вероятность возникновения ЧС/аварийных ситуаций/аварий с транспортными судами. Это обусловлено тем, что рейс рыболовного судна включает этапы/фазы — промысел, погрузо-разгрузочные и бункеровочные работы непосредственно в море, а также доставка рыбы в трюмах «наливом» или на палубе на береговые рыбоперерабатывающие предприятия, а также на плавзагоды. Так возникают дополнительные источники причин аварий, которые рассматриваются ниже.

### **Дифференциация источников, причин и последствий наступления ЧС на рыбопромысловом и транспортном флоте.**

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

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

1.1) уровнем квалификации членов экипажа судов и берегового персонала судоходных компаний;

1.2) уровнем квалификации лоцманов, операторов центров управления движением судов на рейдах, в каналах, акваториях портов;

1.3) уровнем профессиональной подготовки специалистов сервисных центров (ремонт и обслуживание судовых технических средств, электрорадионавигационной аппаратуры, противопожарного инвентаря и аппаратуры и т. д.);

- 1.4) уровнем психофизиологической устойчивости и состояния здоровья специалистов;  
 1.5) общечеловеческими ценностями и ответственностью.

2. *Техногенные факторы* характеризуются:

- 2.1) техническим состоянием судна (корпус, люковые закрытия, герметичность дверей, иллюминаторов и др.);  
 2.2) состоянием судовых систем (балластной и осушительной, спасательной и др.);  
 2.3) техническими характеристиками и состоянием промышленного оборудования и гидрокустических систем;  
 2.4) техническими характеристиками и состоянием навигационного оборудования, локационных станций, систем спутниковой связи и др.;  
 2.5) техническими характеристиками и состоянием судовой противопожарной системы и инвентаря.

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

- 3.1) штормовой погодой, ураганами, тайфунами;  
 3.2) штормовой погодой и обледенением;  
 3.3) стационарными течениями, сгонно-нагонными течениями;  
 3.4) подводными землетрясениями;  
 3.5) непреодолимыми силами природы — ураганами, тайфунами, цунами, противостоять которым практически невозможно.

Поскольку основная задача нашего исследования включает оценку и управление рисками при освоении биологических ресурсов Мирового океана и транспортировки сырья, рассмотрим сценарный план работы рыболовного судна. Этот план включает следующие этапы: порт — подготовка к работе на промысле; переход судна на промысел; промысел, включая поиск рыбных скоплений; погрузоразгрузочные работы и бункеровка судов в море; промысел; переход в порт. В табл. 1 представлены основные этапы (сценарный план) рейса рыболовного судна в контексте «источники аварий—причины—риски—возможные последствия».

Таблица 1

**Основные этапы (сценарный план) рейса рыболовного судна, источники и последствия аварийных ситуаций/аварий**

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

Таблица 1  
(Окончание)

<p>2-й этап — переход на промысел/в порт</p> <p>2.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты).</p> <p>2.2. Гидрометеорологические условия.</p> <p>2.3. Квалификация/уровень профессионализма экипажа/руководства компании</p>	<p>2.1.1. Появление течи корпуса.</p> <p>2.1.2. Неплотность люковых закрытий.</p> <p>2.1.3. Повреждение электропроводки, кабелей, низкая изоляция электромоторов.</p> <p>2.1.4. Отказы/дефекты систем пожаротушения и оповещения.</p> <p>2.1.5. Отказы: — главного двигателя, рулевого управления; — радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции.</p> <p>2.2.1. Повреждение рулевого управления.</p> <p>2.2.2. Частичное разрушение судовых конструкций.</p> <p>2.2.3. Повреждение средств связи (антенны).</p> <p>2.2.4. Повреждение люковых закрытий.</p> <p>2.2.5. Повреждение/разрушение герметичного корпуса.</p> <p>2.3.1. Ошибки выбора маршрута перехода.</p> <p>2.3.2. Ошибки в оценке остойчивости.</p> <p>2.3.3. Неверный выбор маневра при расхождении судов.</p> <p>2.3.4. Неверный выбор маневра в штормовую погоду</p> <p>2.3.5. Ошибки в числении пути судна.</p> <p>2.3.6. Невыполнение требований противопожарной безопасности</p>	<p>Поступление воды в отсек/отсеки.</p> <p>Возгорание ГСМ или других материалов.</p> <p>Снижение возможности тушения очага пожара.</p> <p>Неуправляемость судна.</p> <p>Снижение уровня информационного обеспечения судовождения.</p> <p>Нарушение герметичности и прочности судна.</p> <p>Нарушение герметичности и прочности судна.</p> <p>Риск попасть в тяжелые условия плавания.</p> <p>Риск подмочки груза, потери остойчивости судна.</p> <p>Риск затопления отсеков.</p> <p>Риск посадки судна на мель/скалы.</p> <p>Риск опрокидывания судна, Риск столкновения судов.</p> <p>Риск потери остойчивости на попутном волнении.</p> <p>Риск посадки на рифы/мель.</p> <p>Риск возникновения пожара</p>	<p>Затопление отсека/судна.</p> <p>Порча груза.</p> <p>Пожар.</p> <p>«Развитие» пожара.</p> <p>Столкновение с судами, посадка на мель.</p> <p>Столкновение с судами, посадка на мель.</p> <p>Критическое состояние судна и экипажа.</p> <p>Информационный «коллапс».</p> <p>Порча груза.</p> <p>Гибель судна.</p> <p>Повреждение, гибель судна.</p> <p>Гибель судна.</p> <p>Конструктивные разрушения. Гибель судна</p> <p>Опрокидывание судна.</p> <p>Кораблекрушение.</p> <p>Пожар, гибель судна</p>
<p>3-й этап — промысел</p> <p>3.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты).</p> <p>3.2. Техническое состояние радионавигационной аппаратуры, эхолотов, гидроакустических станций.</p> <p>3.3. Организация и управление процессами лова и поиска.</p> <p>3.4. Организация и технологии погрузо-разгрузочных операций в море.</p> <p>3.5. Организация буксировки судов в море.</p> <p>3.6. Организация и технологии производства ремонтных работ в море</p>	<p>3.1.1. Появление микротрещин, трещин, свищей.</p> <p>3.1.2. Отказы: главного двигателя, рулевого управления.</p> <p>3.1.3. Неплотность люковых закрытий.</p> <p>3.1.4. Повреждение электропроводки, низкая изоляция электромоторов.</p> <p>3.2.1. Отказ радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции эхолотов.</p> <p>3.2.2. Отказ эхолотов, гидроакустических станций.</p> <p>3.3.1. Ошибки выбора района лова.</p> <p>3.3.2. Ошибки маневрирования в группе судов, ведущих лов.</p> <p>3.4.1. Ошибки выбора маневра при выполнении швартовых операций.</p> <p>3.4.2. Отказ системы дистанционного управления главным двигателем при швартовке.</p> <p>3.4.3. Обрыв швартовых в процессе погрузо-разгрузочных работ</p> <p>3.4.4. Ошибки в управлении грузовыми кранами.</p> <p>3.5.1. Ошибки выбора маневра при постановке на бакштов.</p> <p>3.5.2. Ошибки выбора интенсивности перекачки топлива.</p> <p>3.6.1. Нарушение правил выполнения сварочных работ.</p> <p>3.6.2. Нарушение правил проведения водолазных работ</p>	<p>Появление течи.</p> <p>Снижение прочности судна.</p> <p>Неуправляемость судна.</p> <p>Проникновение воды в отсеки.</p> <p>Появление искр. Возгорание.</p> <p>Трудности с определением места судна.</p> <p>Ограничения получения информации об обстановке на театре.</p> <p>Потеря информации о промысловом объекте, состоянии грунта. Риски потери орудий лова, сцепления орудий лова.</p> <p>Риск необнаружения объекта лова.</p> <p>Риски намотки снастей на винт и сцепления орудий лова, навала судов.</p> <p>Риск навала и столкновения судов.</p> <p>Риски навалов, ударов подводными частями корпусов.</p> <p>Риск навала судов.</p> <p>Риски повреждения комингсов трюмов, повреждения такелажа кранов, груза.</p> <p>Риск навала на судно.</p> <p>Риск разрыва шланга.</p> <p>Риск загазованности отсека, возгорания, взрыва.</p> <p>Риск причинения вреда здоровью водолаза, риск гибели водолаза</p>	<p>Подмочка груза. Затопление отсеков.</p> <p>Навалы. Столкновения.</p> <p>Подмочка груза.</p> <p>Пожар.</p> <p>Угроза посадки на скалы, мель.</p> <p>Потеря орудий лова.</p> <p>Потеря улова.</p> <p>Потеря улова.</p> <p>Повреждение или потеря орудий лова.</p> <p>Повреждение винторулевой группы.</p> <p>Повреждение судов.</p> <p>Повреждение корпуса и судовых кранов.</p> <p>Повреждение судовых конструкций.</p> <p>Повреждение судов.</p> <p>Разлив топлива.</p> <p>Взрыв. Пожар. Гибель людей.</p> <p>Причинение вреда здоровью водолаза.</p> <p>Гибель водолаза</p>

### Моделирование процессов развития ЧС по видам и причинам аварий

В основу разработки сценариев развития ЧС/аварийных ситуаций легли результаты анализа аварий на рыбопромысловых и транспортных судах, работающих под флагом разных стран. К рассмотрению были приняты следующие виды аварий: 1) возникновение течи, поступление забортной воды в судовые отсеки; 2) возникновение возгорания и развитие пожара на судне; 3) потеря устойчивости и опрокидывание судна на попутном волнении; 4) разлив топлива при бункеровке судна; 5) возникновение аварийных ситуаций в процессе лова при большом скоплении судов; 6) аварийные ситуации при выполнении погрузо-разгрузочных операций в море [3].

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

В нашем сценарии процесс затопления включает следующие стадии:

- первая — возникновение течи корпуса (трещины, пробоины, свищи в сварочных швах и т. п.);
- вторая — прогрессирующее затопление отсека (например, балластного танка двойного дна);
- третья — поступление воды в трюм (например, через поврежденные замерные трубы, которые могут быть подорваны при погрузке круглого леса или других крупногабаритных грузов);
- четвертая — затопление трюма;
- пятая — проникновение воды в соседние отсеки/трюмы в случае нарушения герметичности водонепроницаемых переборок (что нередко случается на судах старше 20 лет);
- шестая — потеря устойчивости/плавучести судна и его гибель.

Модель первого вариативного сценария «возникновение течи, поступление забортной воды в судовые отсеки» приведена на рис. 1.

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

- первый уровень характеризуется возникновением возгорания с переходом в пожар в одном из отсеков судна (например, в машинном отделении);
- второй уровень характеризуется повышением температуры судовых переборок и распространением пожара на бытовые помещения на главной палубе и повышением температуры водонепроницаемой перегородки между машинным отделением и трюмом;
- третий уровень — распространение пожара на жилые помещения и трюм/трюмы [3; 4, с. 63–82].

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

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

- первый вариант — характеризуется появлением отрицательной начальной устойчивости и при определенных условиях опрокидывание судна. Такая ситуация может случиться как в порту при выполнении погрузо-разгрузочных работ (например, случай опрокидывания плавзавода «Обухов» в 1982 г.), так и на переходе морем (случай опрокидывания пассажирского судна «Булгария» в 2011 г.);
- второй вариант — потеря устойчивости и опрокидывание рыболовных судов на попутном волнении, характеризуется совокупностью условий, «провоцирующих» потерю устойчивости.

Четвертый сценарий — «разлив топлива при бункеровке судна».

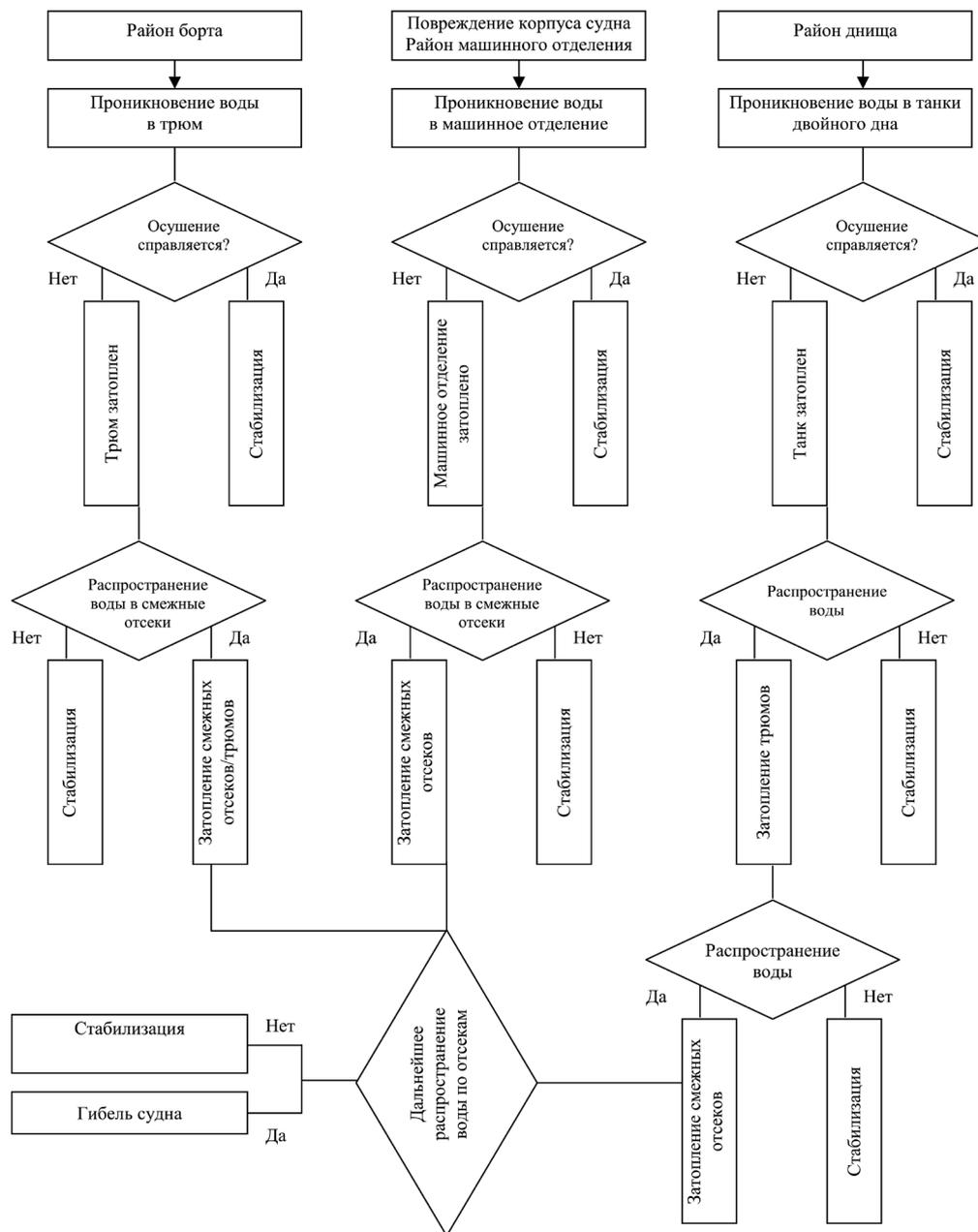


Рис. 1. Сценарий № 1. Угроза затопления отсеков судна

### Формирование обобщенной модели сценария развития ЧС/аварийных ситуаций

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

- 1) предпосылки появления источника, порождающего те или иные причины появления признаков развития аварийной ситуации (АС);
- 2) появление источника, порождающего причины (АС);
- 3) возникновение предпосылок возникновения АС;
- 4) начальная стадия возникновения АС (например, проникновение забортной воды в отсек, или возгорание в МО);
- 5) развитие АС (например, увеличение интенсивности течи или распространение огня);
- 6) затопление отсека. Пожар в отсеке;
- 7) проникновение воды в смежные отсеки (или, например, распространение пожара в смежные отсеки);

8) угроза гибели судна или гибель судна (в зависимости от внутренних и внешних условий).

В качестве предпосылок появления источника причин возникновения АС следует рассматривать:

- гидрометеорологические и океанографические условия;
- износ корпуса судна, усталость металла;
- коррозия, электрокоррозия металла — появление свищей в сварочных швах, в районе днища, пояса переменных ватерлиний и т. д.;
- низкий уровень профессионализма — ошибки судовождения: касание грунта, появление трещины или пробоины;
- низкий уровень профессионализма — ошибки судовождения: столкновение, пробоина корпуса;
- отказ оборудования, судовых устройств — столкновение, посадка на мель/рифы — пробоина корпуса, катастрофа;
- ледовые условия — повреждение корпуса;
- повышение температуры в массе груза — самовозгорание;
- короткое замыкание — возгорание;
- разрыв топливной трубки — попадание топлива на раскаленную поверхность двигателя — воспламенение;
- искры — возгорание в подпоршневом пространстве главного двигателя;
- низкий уровень профессионализма — ошибки при маневрировании с орудиями лова: сцепление орудий лова, потеря орудий лова, столкновения/навал с другими судами и т. д.

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

Следовательно, метод сценариев развития аварийных ситуаций при освоении биоресурсов Мирового океана и транспортировке сырья является эффективным средством:

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

### Список литературы

1. *Мойсеенко С. С.* Безопасность морских грузоперевозок: моногр. / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер. — Калининград: Изд-во БГАРФ, 2011. — 398 с.
2. *Топалов В. П.* Риски в судоходстве / В. П. Топалов, В. Г. Торский. — Одесса: Астропринт, 2007. — 368 с.
3. *Абчук В. А.* Теория риска в морской практике / В. А. Абчук. — Л.: Судостроение, 1983. — 152 с.
4. *Мартынюк И. В.* Снижение рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера — стратегическое научно-техническое направление на железнодорожном транспорте / И. В. Мартынюк, О. Н. Попов, Н. С. Флегонтов // Сб. докл. VIII Всерос. науч.-практ. конф. МЧС России. — М., 2003.