

**ХАРАКТЕРИСТИКА НА РИСКА В МОРСКИЯ ТРАНСПОРТ****Кирил Н. Колев***Висше военноморско училище “Н. Й. Вапцаров”*

**Анотация:** За да се получи пълна яснота и правилно разбиране на характеристиките на морските инциденти е необходимо вникване в същината на рисковете за сигурността на море. Чрез разкриването на пълната картина на морските рискове се разкриват възможностите за управление на факторите за постигане на морската сигурност. В настоящата публикация на основата на наличните статистически данни са обобщени някои от основните положения и главните елементи на морския риск, като са анализирани неговите източници и възможностите за управление.

Аварията е нежелано събитие, водещо до увреждания на хора, нанасяне на щети на материалните средства и околната среда. Разкриването на характеристиката на морските аварии позволява да се вникне в същността на риска в морските дейности, създава представа за основните източници и елементи на риска. Използването на взаимнообвързани методи като анализ на риска, анализ на надеждността и управление на безопасността изисква представяне на някои определения на ключови концепции [12]:

- Опасности: възможни събития и условия, които водят до тежки последствия, т.е. са причина за значителни щети.
- Целенасочен анализ: анализ на устойчивостта, готовността и поддръжката.
- Надеждност: способността на система или системен елемент да изпълняват непрекъснато своите функции.
- Риск: оценка на опасностите чрез тежестта на последствията и вероятността им за реализация.
- Безопасност: степента на възпрепятстване на реализацията на опасности и произтичащите последствия.
- Управление на безопасността: поддържане на безопасността в изпълняваните дейности чрез системна и безопасно обмислена организация на човешките и физическите ресурси.
- Системна безопасност: използването на системен инженеринг и управленски техники за поддържане на безопасността на системите по време на техния жизнен цикъл.

**1. Характеристика на опасностите за морските дейности**

Основните области на морски дейности са:

- Морски транспорт:
  - = Крайбрежно корабоплаване;
  - = Превоз на хора във вътрешността на страната и между съседни страни;
  - = Международно корабоплаване;
  - = Корабоплаване за почивка на море (крюизно корабоплаване).
- Риболов
- Рибовъдство и отглеждане на морски култури
- Морски инженерни дейности (включително добив на нефт и газ):
  - = Сондажни дейности;
  - = Снабдителни дейности;
  - = Поставяне и поддържане на тръбопроводи;
  - = Подводни дейности
- Научни и изследователски дейности.

Опасностите на морските дейности са представени в Таблица 1.

Таблица 1

Опасности в морските дейности

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Морски сектор               | Опасности   |
| Корабоплаване               | Опасни товари: пожар, взривове, токсични въздействия, щети на околната среда<br>Специфични опасности от спецификата и условията на морската среда<br>Не отговарящи на стандартите за безопасност кораби и корабособственици<br>Затруднен контрол за безопасността поради международния характер на корабоплаването  |
| Риболов                     | Относително малки кораби с критични особености, свързани с използване на риболовни принадлежности.<br>Опасности от спецификата и условията на морската среда<br>Оперират в крайбрежни води с повишена опасност от засядане и поява на стръмни вълни<br>Част от изпълняваните дейности са за един човек, което увеличава уязвимостта при критична ситуация.<br>Бързо влошаване на обстановката при авария и наводняване на кораба<br>Недостатъчна подготвеност |
| Морски инженерни дейности   | Обхващат множество нови видове дейности при ограничен опит и познания за тяхното изпълнение.<br>Висок темп на изпълняваните строително-монтажни дейности<br>Непрекъснато усъвършенстване на технологиите и способите за тяхната реализация<br>Високи енергийни концентрации, увеличаващи риска за възникване на пожари и експлозии<br>Висока техническа наситеност на работната среда   |
| Подводни инженерни дейности | Опасности при увеличаване на дълбочината (високи налягания, затруднено управление)<br>Недостатъчно познато въздействие на морската среда върху човешката физиология<br>Морска среда с динамично-променящи се рискове<br>Нови работни процеси  |

Авариите в морската транспортна система водят до три вида последствия:

- Увреждания на човешкото здраве: наранявания и смъртни случаи;
- Замърсяване на околната среда;
- Икономически щети: повреди или загуби на товари и кораби, финансови загуби и др.

Ограниченията в изследването на морските аварии изискват разграничаване на концепцията за морските аварии при изпълнение на превози на товари и лошата морска практика, както е показано на Схема 1.

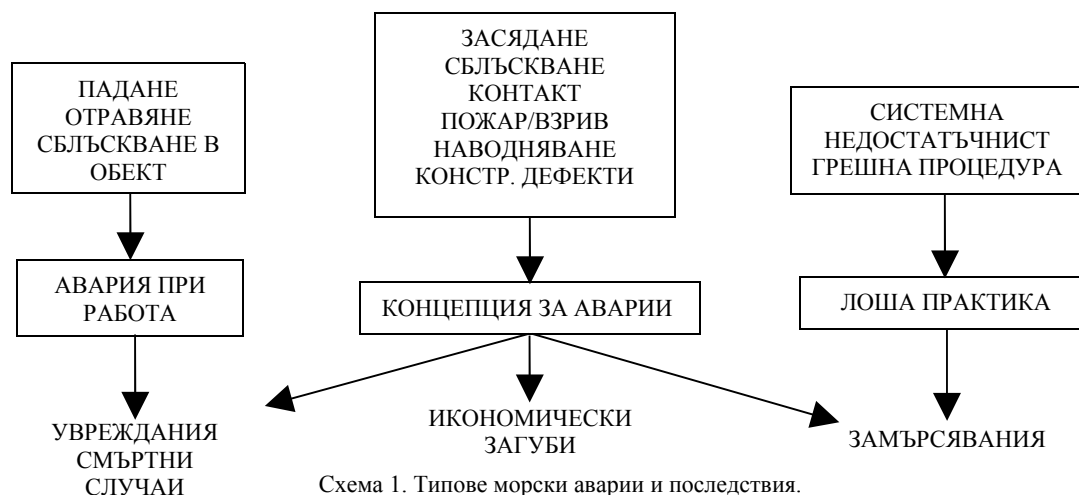


Схема 1. Типове морски аварии и последствия.

Авариите с кораби се класифицират в зависимост от освобождаваната енергия. Типовете аварийни явления са показани в Таблица 2. Разкриването на характера на корабните аварии изисква изследване на смущенията в работата на техническите средства, свързани с корабните системи и функции. Корабните системи и функции осигуряват изпълнение на предназначението на кораба.

Таблица 2.

Аварийни явления

| Вид   | Характеристика   |
|---|--|
| Сблъскване  | Удар между кораби  |
| Съприкосновение/Удар                              | Удар между кораб и друг повърхностен обект                         |
| Засядане и излизане на брега                      | Удар в морското дъно или излизане на брега                         |
| Нахлуване на вода и наводняване                   | Пробойна в корпуса и нахлуване на вода                             |
| Неизправност на корпуса или техническите средства | Неизправност на корпуса или техническите средства                  |
| Пожар и експлозия                                 | Пожар, експлозия или нерегламентирано изпускане на опасни вещества |
| Изчезнали по неизвестни причини                   |  |
| Други   |  |

Някои от тях са представени в Таблица 3. На корабните системи и функции се изпълняват анализи на устойчивостта, готовността, поддръжката и риска за осигуряване на установената готовност за намаляване на вероятността за възникване и минимизиране на възможните негативни въздействия от произшествия.

Таблица 3.

| Общокорабни системи и функции                     |  |
|---|--|
| Системи   | Функции  |
| Жилищно битово настаняване и комунално обслужване | Заставане на котва   |
| Свързочна система                                 | Управление на състоянието на превозваните товари   |
| Система за управление                             | Информационна система за управление  |
| Електрозахранваща/разпределителна система         | Контрол и реакции при извънредни ситуации  |
| Баластна система                                  | Жизнеобитаемост  |
| Товаро-разтоварна система                         | Маневреност  |
| Двигателно-движителна система                     | Швартоване   |
| Управление на спомагателните системи              | Корабоводене   |
| Винторулева система                               | Предотвратяване на замърсяване   |
| Радиолокационна система                           | Двигателно-движителна функция  |
| Тръбопроводно-помпена система                     | Бункероване и съхраняване на гориво-смазочни и други течности  |
| Хидравлично-пневматично оборудване и системи      | Устойчивост  |
| Аварийно-спасителна система                       | Конструктивна разпределеност и способност за съсредоточаване на усилията в критичните обекти/направления |

Общата характеристика на наблюдаваните последствия е освобождаване и/или преобразуване на енергия. Схема 2. показва примерно разпределение на енергиите в корабния корпус.

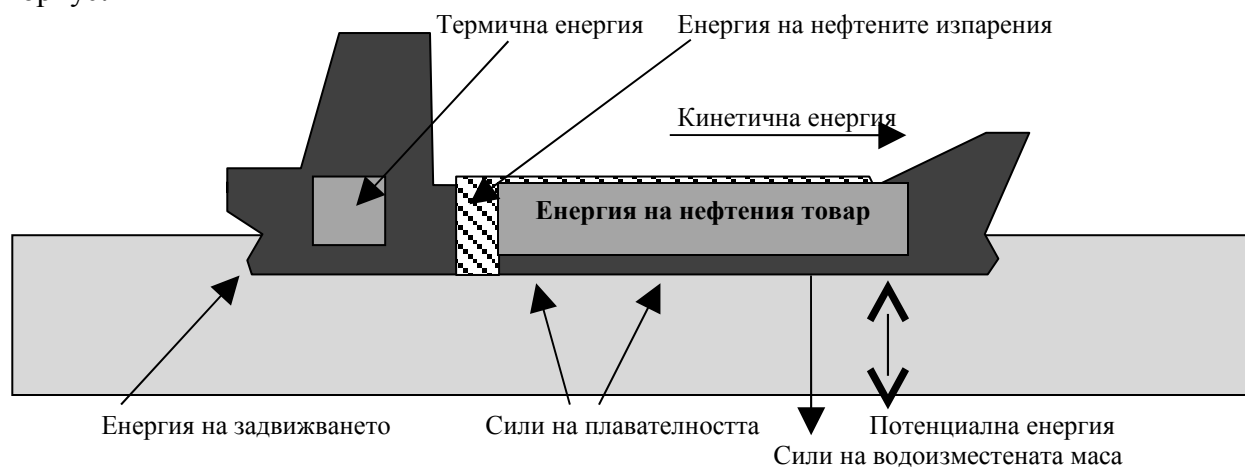


Схема 2. Примерно разпределение на енергиите в корпуса на танкер

Всяко негативно въздействие води до последствия с различаваща се степен на тежест. Различаващата се степен на тежест на последствията се представя в следната диференциация на авариите<sup>1</sup>:

- Много тежко произшествие;
- Тежко произшествие;
- Морски инцидент;
- Повреда

Много тежкото произшествие представлява цялостна загуба на кораба, понасяне на човешки жертви или голямо замърсяване<sup>2</sup>. Много тежкото произшествие е нежелано събитие в корабната/пристанищната дейност с възникване на непреодолими увреждания на членове на персонала/екипажите, щети на транспортните съоръжения/ средства и/или околната среда.

Тежкото произшествие се характеризира с:

- а) пожар, експлозия, засядане, допиране до дъното;
- б) повреди в резултат на щорм или плаване в ледови условия, пукнатини по корпуса или предполагаема повреда на корпуса;
- в) други, довели до конструктивна повреда, която нарушава мореходността на кораба, замърсява околната среда или авария която изисква тласкане или помощ от брега<sup>3</sup>.

Тежкото произшествие е нежелано събитие, при което могат да се открият/предоставят възможности за оказване на ограничаващи въздействия и неутрализиране на неговото развитие преди да се достигне равнището на негативните последствия от много тежко произшествие. Показател за несъответстващо равнище на безопасност е повишената честота на реализация на произшествия/ инциденти (например, чести малки пожари в машинно отделение на даден кораб). Възможно е някое от тези нежелани събития да излезе от контрол и превърне в много тежко произшествие с присъщите му увреждания на членове на персонал/екипажи, нанасяне на щети на транспортните съоръжения/ средства и/или околната среда.

Морският инцидент е нежелано събитие, причинено от кораб или възникнало в процеса на неговата експлоатация, в резултат на което се нанасят сериозни повреди на кораба и на околната среда, без да се нарушава неговата мореходност или да се застрашава живота и здравето на членовете на екипажа. Морският инцидент се представя като събитие на нарушаване на действащите критерии за нормално функциониране на системата или на неин съставен елемент. Типовите морски инциденти включват:

- намалена ефективност;
- ограничена изпълнителна способност;
- нарушена функционалност (възникване на времеви задръжки и прекъсвания в нормалното функциониране);
- извънреден (пределен технологично неустойчив – максимален, преходен или минимален) режим на работа;
- нарушени технологични условия на изпълняваните дейности (вибрации, повишена амортизация).

Повредата е събитие при изпълнението на определена дейност в нарушение на установените критерии на технологична допустимост<sup>4</sup>.

Причините за възникване на аварийни последствия са твърде различни и са често комбинация от няколко фактори. Основните групи от причини за аварии са изброени в Таблица 4. Основната цел на изпълняваните анализи на риска е определяне на значението на възможните причини за аварии за системата и нейните функции, на основата на което се създават и изпълняват дейности за предотвратяване на тяхната реализация и/или за ограничаване на последствията, ако те вече са се реализирали.

<sup>1</sup> В съответствие с Наредба № 23 за разследване на произшествия в морските пространства и вътрешните водни пътища [1].

<sup>2</sup> В съответствие с Допълнителна разпоредба на Наредба № 23 [1].

<sup>3</sup> Пак там [1].

<sup>4</sup> Пак там [1].

## Характерни причини за аварии

Субективни причини (например – неправилно разчитане на получената навигационна информация)  
 Механични причини (например – недостатъчно изпомпване на постъпваща вода)  
 Пожар и експлозия (например – загуба на видимост поради задименост)  
 Конструктивни причини (например – конструктивна недостатъчност на носовия апарел)  
 Хидрометеорологични причини (например – висока температура на околната среда или силен вятър)  
 Други причини

## 2. Количествен анализ на риска на аварията в морския транспорт

Различните видове аварии с кораби (определени в Таблица 1) показват големи различия в честотата си на реализация. Общите загуби за кораби по-големи от 1000 grt (брuto регистър тона) през 2001 г. са 137. Процентното разпределение на тези загуби по типове аварии е показано на Схема 3. От схемата се вижда, че типа аварии с най-голямо количество загуби е нахлуване на вода и наводняване, вследствие на нарушаване на целостта на корабния корпус. Нахлуването на вода и наводняването се предизвиква от голямо количество инициращи фактори, като екстремни хидрометеорологични условия, нарушаване целостта на корабния корпус, авария на корабните двигатели и други.



Схема 3. Процентно разпределение на типовете аварии, водещи до цялостна загуба /гибел/ на кораба в световното търговско корабоплаване [9]

Разпределението на аварията в Схема 3 е въз основа на цялостни загуби /като гибел на кораба/, но в някои статистически разпределения се изпълнява съвместно отчитане на загуби и тежки увреждания/щети. Схема 4, като пример за подобни статистически разпределения, се основава на информация за аварии и загуби за периода от 1980 до 1989 г. Както се вижда от тази схема, включването на тежки аварии променя относителната тежест на различните типове аварии. По-забележимата разлика между Схеми 3 и 4 е, че наводняването, като катастрофален резултат е по-малко преобладаваща във вторият случай. Това може да се очаква в предвид обстоятелството, че използваната статистическа информация обхваща голяма група от аварии, които не водят до цялостна загуба/гибел (по определение наводняването е цялостна загуба/гибел). Относителното значение на аварията при засядане и контакт с дъното е по-голямо. Преобладаващата част от аварията в Схема 4 са свързани с настъпването на повреди в “Корпус/Двигатели”. Тази категория представя нарушения в целостта на корпуса и функционирането на двигателите, които не предизвикват цялостна загуба.

Друго затруднение при сравнителните разпределения на аварията е влиянието на размера и типа на корабите върху последствията. Добре известен факт е, че плаващите предимно в крайбрежни води по-малки кораби са по-уязвими на определени типове аварии в сравнение с големите кораби, плаващи в открито море по основните маршрути на морски превози.



Схема 4. Тежки аварии/катастрофи в световното търговско корабоплаване 1980-89 [8, 10]

Направените наблюдения и коментари разкриват необходимостта от изучаване и оценяване на първичната информация на всяка представителна статистическа извадка, преди да се направят изводи по техните резултати и характеристиката на разпределение на наблюдаваните аварии.

През последните десетилетия са изразходвани значителни ресурси за намаляване на рисковете в корабоплаването. Ефективността на тази дейност е трудно да се оцени, поради ограничеността на въздействията на отделната ограничаваща риска дейност на фона на сложността на причинно-следствените отношения в корабоплаването.

Ланкастър [7] изследва дългосрочната тенденция на честотата на гибел на кораби и прави извода, че средногодишното равнище на гибел на кораби е намаляло повече от десет пъти през XX век, от над 3% през 1900 г. до 0.3% през 1990 г. Както е показано на Схема 5, равнището на повишаване на безопасността е много по-голямо през първата половина на века, след което настъпва период на плавно повишаване на безопасността, като възможностите за допълнително повишаване на безопасността стават все по-малко, като относителния принос на всяка отделно взета дейност по безопасността също все по-повече намалява.

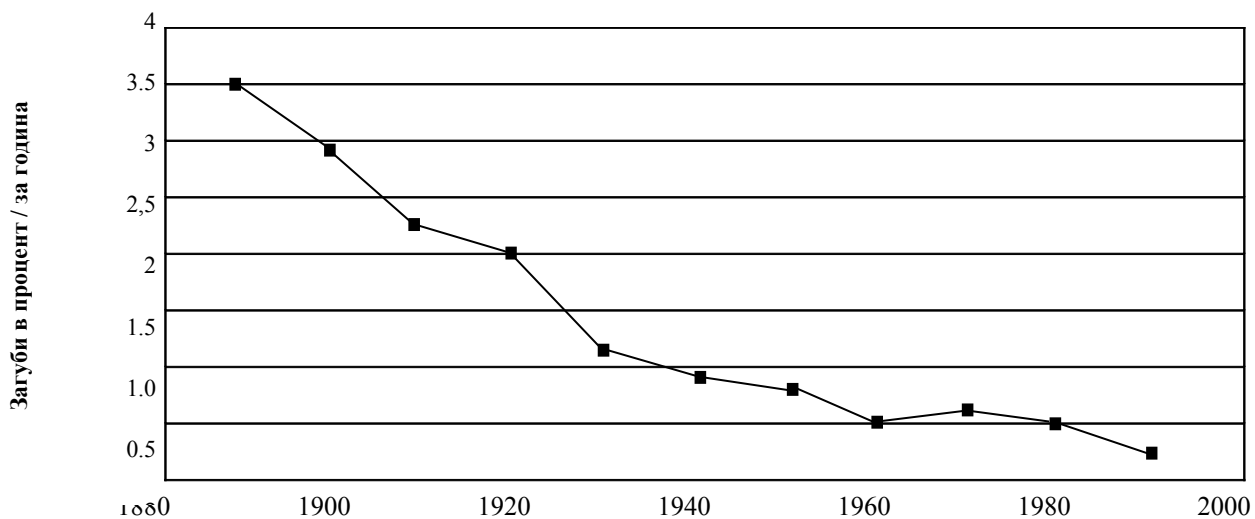


Схема 5. Средногодишно равнище на гибел на корабите от световния търговски флот

Схема 6 предоставя по-подробен анализ на намаляване на равнището на гибел на кораби за различните видове аварии. Горната линия показва равнището на гибел на кораби за всички видове аварии.

Равнището на гибел на кораби остава относително постоянно през 1968 и 1980 г. Допълнителният анализ на Схема 6 показва, че основния принос за дългосрочен спад на равнището на гибел на корабите се дължи предимно на категорията засядане/излизане на брега, където случаите на гибел на кораби показват значително намаление.

Схема 7 представя разпределението на тежките аварии по типове кораби. От представеното разпределение могат да се направят следните наблюдения:

- Ro-Ro (Roll-on Roll-off) товарните кораби са много по-склонни към аварии в сравнение с останалите типове кораби. Ro-Ro товарните кораби плават в крайбрежни води с интензивен корабен трафик, при относително високи скорости и недостатъчна конструктивна защитеност на корпуса при нахлуване на вода и наводняване;

- Танкерите и газозозите са с по-малка уязвимост от корабите за общи товари;

- Пътническите кораби са с по-голяма устойчивост на аварии спрямо останалите кораби за превози на товари по море.

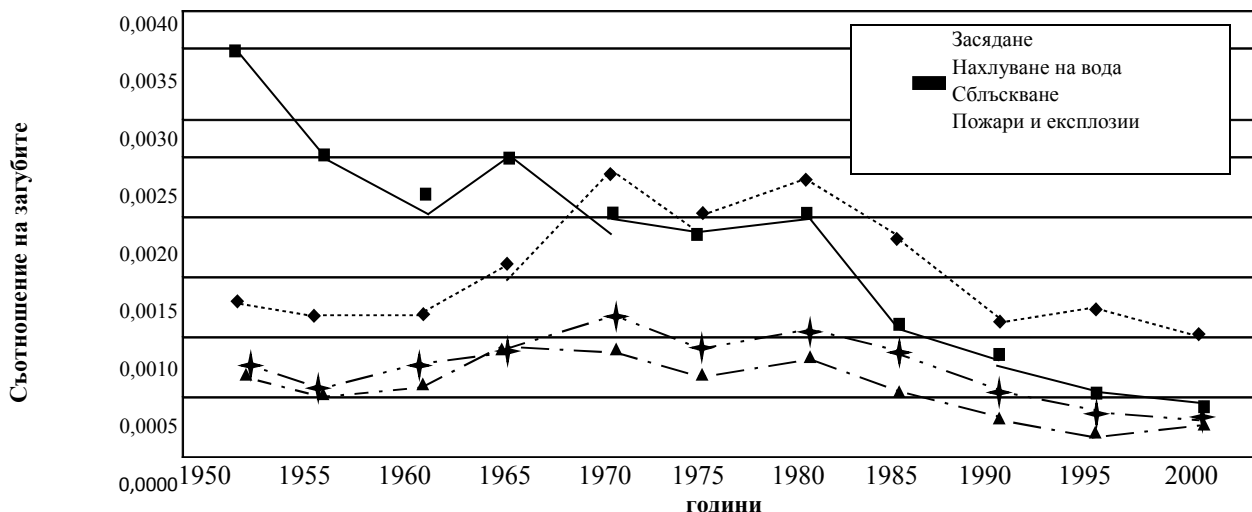


Схема 6. Времево разпределение на световното равнище на гибел на кораби над 100 брт. Равнището на гибел е дадено по годишно разпределение на равнището на гибел на кораби, подложени на риск.

Схема 7 създава предпоставки за подлагане на съмнение на направените резултати. Ниското равнище на аварии с риболовните кораби се оспорва въз основа на специфичните особености на тази категория кораби, например дейността им в крайбрежни води, критични върхове напрежения, често въздействие на тежки хидрометеорологични условия и други.

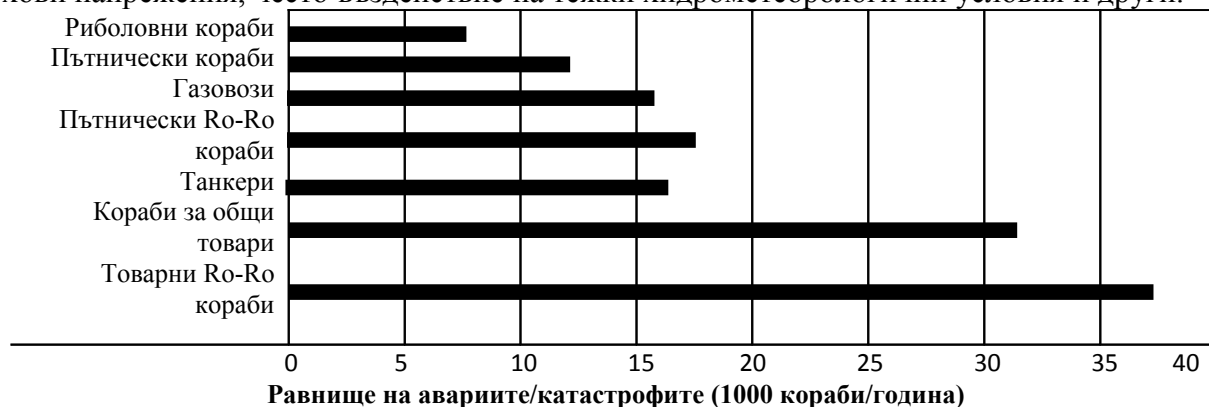


Схема 7. Равнище на гибел и тежки аварии за световния търговски флот по типове кораби, 1980-89 [9, 10]

Същевременно, риболовните кораби са с продължителни неактивни периоди, докато корабите за превози на товари по море са извън експлоатация само няколко дена на година. Следователно, равнището на аварии в зависимост от количеството кораби, подложени на риск е в някаква степен подвеждащо. По-добро представително измерване се постига при разглеждане на количеството на аварията за час работа (риболов или плаване).

В резултат на аварии на кораби само в около 5% от всички случаи загиват хора. Относително голямото обществено внимание върху аварията се отразява на придаваното голямо обществено значение на съпътстващата ги гибел на хора [5].

Аварията могат да се анализират въз основа на личностните характеристики на загиналите. Съществува например, взаимна връзка между възрастта на участващите и риска от тяхната гибел при възникване на аварии. Аварията създават много по-голяма заплаха за единична гибел за хора на възраст от 5 до 40 години, докато за хора на възраст от 60 години и по-възрастни тази заплаха е едва 5% от всички загинали.

Съществуват няколко алтернативни подходи при отчитане на честотата на реализация на аварията. Единият подход предвижда включване на всички аварии, независимо от типовете на произтичащите последици. Друг подход предвижда разглеждане единствено на специфичните последици, като смъртни случаи, материални и икономически загуби. Честотата на реализация на аварията се различава за различните изпълнявани дейности, както се вижда в Таблица 5, като корабоплаването показва по-висок риск за смъртни случаи в сравнение с останалите промишлени дейности и сектори. Останалите морски дейности, като морските инженерни дейности (например, на платформи на континенталния шелф в Таблица 5) и риболовът също са с високи равнища на човешка смъртност.

Таблица 5.

| Честота на смъртните случаи в различни изпълнявани дейности |  |
|---|--|
| Изпълнявана дейност   | Смъртни случаи на 1000 работници за година |
| Минодобив   | 0.9-1.4                                    |
| Строителство  | 0.3  |
| Промисленост  | 0.15                                       |
| Корабоплаване   | 1.9-2.1                                    |
| Дейности на континенталния шелф                             | 2.3  |
| Риболов   | 1.5  |

В Таблица 6 е дадено сравнение между различните типове транспорт и от приведената статистическа информация разкрива, че съществуват много по-опасни за човешкия живот типове транспортни средства от плавателните средства. Много по-малък е обществения интерес към мотоциклетите, независимо от съществуващата статистическа информация за наблюдаваната смъртност при тяхното използване. Това може да се обясни от обстоятелството, че използването на мотоциклет е въпрос на личен избор и последиците обикновено се ограничават до загубата на един или два човешки живота.

Равнището на риска в морския сектор е резултат от въздействието на множество фактори, свързани с условията на околната среда, които дават отражение на начина на организация на работните процеси. Основните фактори за възникване на съществуващите опасности бяха обобщени в Таблица 1.

Таблица 6.

| Риск при различни типове транспортни средства |   |  |
|---|---|--|
| Тип на транспортното средство                 | Смъртни случаи на 10 <sup>8</sup> пътнико/километра | Смъртни случаи на 10 <sup>8</sup> пътнико/часа (FAR) |
| Мотоциклет                                    | 9.7   | 300  |
| Велосипед                                     | 4.3   | 60   |
| Пеш   | 5.3   | 20   |
| Лека кола                                     | 0.4   | 15   |
| Автомобилни фургоци                           | 0.2   | 6.6  |
| Автобус/конски впряг                          | 0.04  | 0.1  |
| Железопътен транспорт                         | 0.1   | 4.8  |
| Воден транспорт                               | 0.6   | 12   |
| Въздушен транспорт                            | 0.03  | 15   |

През последните години се увеличава общественият интерес към екологичните аспекти на морските дейности. Корабите продължават да замърсяват морската среда и атмосферата, независимо от сключеното общо споразумение за възпрепятстване на отрицателните



въздействия на морския транспорт. Една от първите оценки на замърсяването е направена през 1985 г. (виж. Таблица 7). Изследването показва, че делът на морския транспорт във въглеродното замърсяване на световния океан е приблизително 45%.

Таблица 7.

| Общи количества на постъпващите въглеродороди в морската среда през 1985 |                                 |
|--|---------------------------------|
| Източници на замърсяване   | Оценка (милиона тона за година) |
| Природни източници   | 0.25                            |
| Разработване на морски нефтени/газови находища                           | 0.05                            |
| Морски транспорт:  |                                 |
| Товарене/разтоварване на танкери   | 0.70                            |
| Аварии/катастрофи с танкери  | 0.40                            |
| Други  | 0.40                            |
| Атмосферни замърсявания на морската среда                                | 0.30                            |
| Общински и промишлениотпадъци и канализационни води                      | 1.18                            |
| Общо   | 3.28                            |

Източник: National Research Council, US.

Целенасочените усилия през последните десет години успяха да ограничат нефтените замърсявания от тези източници, както се вижда от Таблица 8. Наличната информация за аварийните разливи е относително подвеждаща, поради големите различия за отделните години в стойностите на нефтените разливи.

Таблица 8.

| Оценка на световните източници на нефт постъпващ в морската среда |                     |                        |                        |
|---|---------------------|------------------------|------------------------|
| Източник  | 1990 <sup>(1)</sup> | 1981-85 <sup>(2)</sup> | 1973-75 <sup>(2)</sup> |
| Сантинни води и горива  | 0.25                | 0.31                   |                        |
| Танкерни оперативни загуби  | 0.16                | 0.71                   | 1.08                   |
| Аварийно/катастрофални разливи:                                   |                     |                        |                        |
| Аварии/катастрофи с танкери                                       | 0.11                | 0.41                   | 0.20                   |
| Аварии/катастрофи с останалите кораби                             | 0.01                | -                      | 0.10                   |
| Пристанищни операции  | 0.03                | 0.04                   | 0.50                   |
| Докуване на сух док   |                     | 0.03                   | 0.25                   |
| Почистване на корабните корпуси                                   | 0.01                |                        |                        |
| Общо  | 0.57                | 1.50                   | 2.13                   |

Източници: (1) US Coast Guard; (2) National Research Council, US

### 3. Критерии на риска в морския транспорт

Инженерното възприятие на риска обикновено се разглежда като съвместно представяне на последствията и вероятността им за реализация. Твърде често, последствията са трудни за стойностно определяне, поради което се представят с някаква степен на субективизъм. По тази причина е общоприето представянето на риска като вероятностен инструмент за измерване на различни категории последствия. Категориите на риска за изпълнителния състав могат да се групират в съответствие с показаното на Схема 8.



Схема 8. Риск за изпълнителния състав

Таблица 9. Критерии на риск

| Тип   |          |   | Определение   |
|---|----------|---|---|
| Институционално отчитане на аварията/катастрофите | LTI-rate | Равнище на загубеното работно време поради травматизъм                                | Количество на загубеното време поради травматизъм на $10^6$ работни часа  |
|   | AIR      | Осреднен индивидуален риск (ОИР)  | Вероятното количество смъртни случаи към количеството членове на екипажа изложени на риск   |
|   | IIR      | Равнище на травматизма при произшествия   | (Количество на отчетения травматизъм за финансова година)/(Средно количество на заетите членове от изпълнителния състав) · $10^5$   |
|   | IFR      | Честотно равнище на травматизма   | (Количество травми за период)/(Общо количество работни часове за периода) · $10^5$  |
|   | S-rate   | Равнище на тежестта на травматизма  | Количество загубени работни дни поради травматизъм за $10^6$ работни часа. Случаите на смърт и 100% постоянна неработоспособност се отчитат за 7500 работни дни.  |
|   | TRI-rate | Общо отчетено равнище на травматизма  | Общото количество на отчетения травматизъм (включително загубено работно време, медицинско лечение и прехвърляне на друга работа с ограничения в годността на обслужвания персонал) за $10^6$ работни часа  |
|   | FAR      | Средно количество на загубените работни дни<br>Равнище на аварията със смъртни случаи | S-равнище/LTI-равнище<br>Равнище на смъртните случаи за $10^8$ работни часа   |
|   | PLL      | Равнище на смъртността<br>Вероятни смъртни случаи                                     | Смъртни случаи на 1000 работника за година<br>Количество на емпиричните (или прогнозните) смъртни случаи за даден времеви период, например количество на смъртните случаи за година активно плаване   |
| Отчитане на производствената обвързаност          | WRD-rate | Равнище на професионалните заболявания  | Количество на новите случаи на професионални заболявания, отразяващи се на отсъствията от работа за $10^6$ работни часа   |
|   |          | Процент на отсъствия по болест  | Количество на отсъствените дни по болест като процент от възможното количество работни дни  |
| Замърсяване                                       |          | Равнище на увреждащите емисии   | Увреждащите емисии при аварии/катастрофи в $kg/m^3$ за тон производство, например емисии флуор в $kg$ за тон произведен алуминий  |
| Материални щети                                   |          | Равнище на загубите   | Количество на аварията/катастрофите или загубите за произведена единица услуги/стоки, например сблъсквания за $10^5$ проплавани морски мили   |
|   |          | Общо съотношение на загубите  | Количество на корабите (или бруторегистър тона водоизместване) представляващи загуби към общото количество кораби (или бруторегистър тона водоизместване) подложени на риск, например общото количество загуби на търговски кораби към общото количество търговски кораби |
|   |          | Относително съотношение на загубите   | Общото равнище на загубите разделено на световното равнище на загубите. Общото единично (1) съотношение на загубите съответстващо на средното световно равнище и най-високото равнище на загубите показват по-високи стойности от средното световно равнище.              |

Подобен подход се използва при определяне на риска за околната среда и риска за настъпване на различни повреди на техническите съоръжения. Разработени са множество средства за алтернативно измерване на всяко последствие. Някои от критериите за оценка на риска са представени в Таблица 9.

Участниците в дейностите по безопасността използват по различен начин статистическите оценъчни средства. Служителите по управление на безопасността обикновено разглеждат емпиричното равнище, докато анализаторите на риска се занимават с оценъчното/прогнозното равнище на риска/безопасността.

Общият риск за дадена дейност или система е твърде сложна категория с множество различни аспекти, поради което за неговото цялостно обхващане се налага разработване на специализирани частни сценарии. Уравнение (1) представя изчисляване на общия риск за дадена дейност/система като сума от рисковете за всеки вид и етап на случаен процес:

$$R = \sum_i \sum_j p_{ij} \cdot C_{ij} \quad (1)$$

където:

- $R$  = Общ риск
- $i$  = Количеството сценарии, водещи до определени частни последствия (вижте Таблица 1)
- $j$  = Количеството етапи в отделния случаен процес (например инициращо събитие, избягване, възпрепятстване, евакуация и спасяване)
- $c_{ij}$  = Размери на съответните последствия за всеки сценарий и етап на случаен процес, например  $n$  смъртни случаи,  $m$  тона токсични изпускания, и други.
- $p_{ij}$  = Вероятност (или честота на реализация) на съответното последствие  $c_{ij}$  за даден сценарий и етап на случаен процес

Таблица 9 показва количеството на използваните критерии за представяне на риска за смъртни случаи. Критерият Вероятни смъртни случаи (Potential Loss of Life - PLL) е основно средство за измерване на риска, изчисляван по уравнение 1. Този критерий на риска в недостатъчна степен разкрива специфичните форми на риска. Както е показано на Схема 10 е необходимо да се разкриват различията между индивидуалния и груповия риск.

Най-често използваните критерии за измерване на индивидуалния риск за смъртен случай са Осредненият индивидуален риск (Average Individual Risk - AIR) и Равнището на аварията със смъртни случаи (Fatal Accident Rate- FAR). Осредненият индивидуален риск (AIR) се изчислява като се разделят Възможните смъртни случаи (PLL) на Количеството на членовете на екипажа, изложени на риск, например количеството на членовете на екипажа на търговски кораб. В някои случаи на аварии се отчита единствено количеството на членовете на екипажа на вахта. Стойността на Равнището на аварията със смъртни случаи (FAR) се дава в  $10^8$  мерителна скала. В този си вид Равнището на аварията със смъртни случаи (FAR) е очакваното (или емпиричното) количество смъртни случаи за  $10^8$  работни часа.

В допълнение към индивидуалния риск за смъртни случаи, трябва да се разгледа и груповия риск. Това налага разкриване на критериите за групов риск.

Критериите за групов риск се описват като по-обхватен, диференциран и разбираем способ за оценяване на специфичното равнище на риска за дадена дейност или система в сравнение с повечето индивидуални критерии на риска. Най-често използваната техника за представяне на груповия риск е показаната  $f-N$  диаграма на Схеми 9 и 10. В  $f-N$  диаграмите,  $f$  показва честотата на аварията причиняващи  $N$  смъртни случаи. Схема 11 показва как се използват  $f-N$  кривите за графично описване границите на допустимия риск. Кривите на Схема 11 са получени при определяне на различни комбинации от последствия (включително смъртни случаи) и честотата им на реализация, която дава основания за тяхното пренебрегване, допускане или недопускане. Защрихованата площ на Схема 9 показва установеното равнище на допустимия риск в Холандия. Площта на защрихованата зона дава по-висока честота на реализация и е с по-висок групов риск, поради което се възприема като зона на недопустим риск. Площта

под заштрихованата е с по-ниска честота на реализация и е с по-нисък риск и по- високо равнище на безопасност.

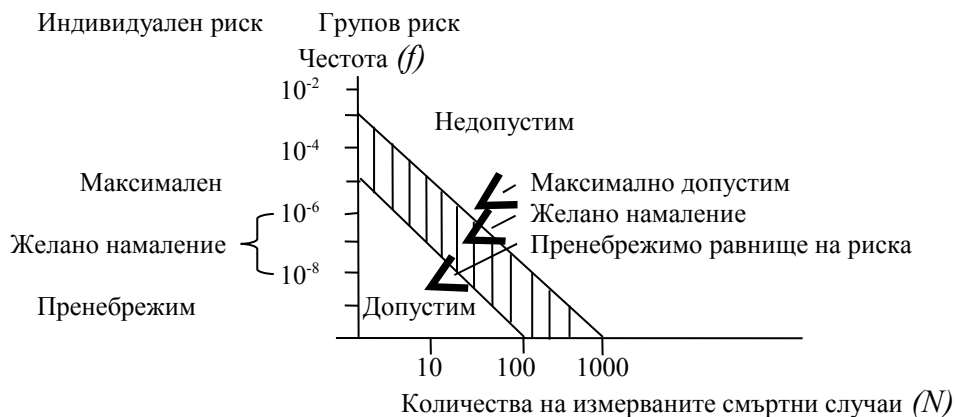


Схема 9. Установени ограничения в допустимостта на риска в Холандия [3]

$f$ - $N$  диаграмите изобразяват наблюдаваното и установеното (изискваното/ допустимото) равнище на риска за системата или дейността. Схема 9 е пример за изобразяване на допустимото равнище на риска, докато Схема 10 показва наблюдаваните стойности на  $f$ - $N$  за аварии с пътнически кораби (горната крива) и с товарни кораби (долната крива). Може да се забележи, че за пътническите кораби “малките” аварии с по един смъртен случай се осъществяват с приблизителна честота на реализация  $10^{-3}$  кораб на година, докато тежките катастрофи с 1000 смъртни случаи се осъществяват с приблизителна честота на реализация  $10^{-5}$  кораб на година.

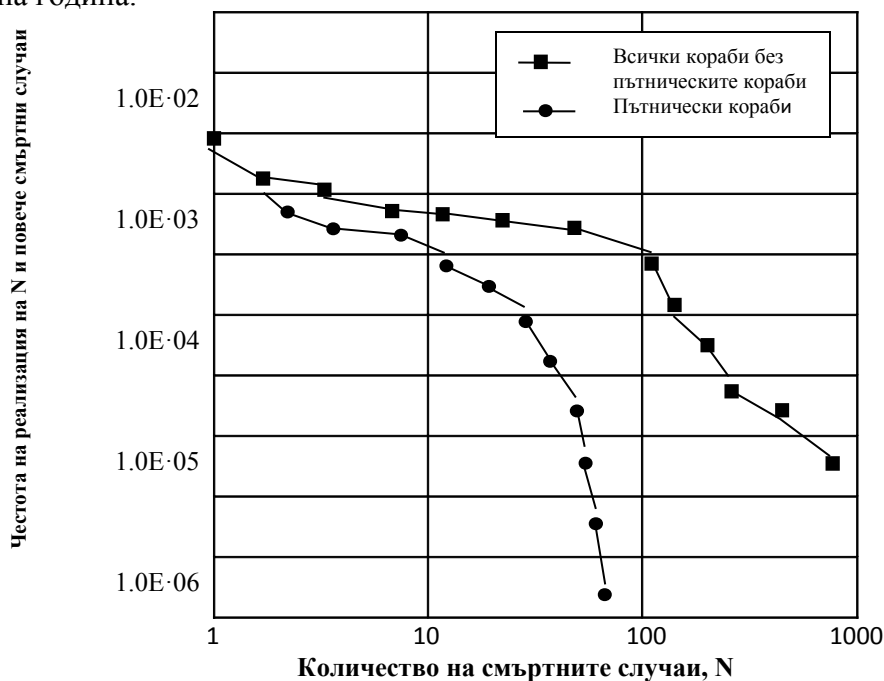


Схема 10. Честота на аварияте с  $N$  или повече смъртни случаи [2]

#### 4. Аварийният процес

При осъществяване на своите дейности/операции морската транспортна система преминава през опасни ситуации, дължащи се на рисковете от нежелани инциденти и аварии. Инициращото събитие и свързаните фактори на оперативните, природните и технологичните аспекти създават т.нар. мрежа от случайности, водеща до авария. Самото аварийно събитие “иницира” процес на разпространение на физически повреди и нерегламентирано освобождаване на енергия в разглежданата система (например

кораб или част от кораба), отразяващ се на възникване на различни негативни последици за хората, изпълняваната дейност и околната среда. За разкриване същността на катастрофалното явление е необходимо да се установят връзките и отношенията между наблюденията и оценките в съответен модел. Схема 11 представя цялостна схема на аварийния процес.

Основните условия за започване на аварията е корабът да изпълнява някаква операция, вследствие на което възниква риск от реализацията на една или повече опасности. Причинното въздействие е елемент в модела, който създава най-големите трудности при разкриване на аварията. Съществуващите знания за причинното въздействие върху аварията продължават да са твърде ограничени, независимо от големите научни усилия, положени през последните десетилетия. Недостатъчното разкриване на природата на аварийното явление отчасти се свързва със съществуващия проблем за съвместяване на дейността на различни научни области, като инженеринг, психология и социология и отчасти се дължи на недостатъците на съществуващите аналитични модели и липсата на подходяща системна информация.

Съществуват няколко различни подхода за причините за морските аварии. Някои от най-популярните подходи включват:

- Небрежност
- Отклонение от нормалната практика
- “Стихийно бедствие”
- Непознати явления
- Опасни дейности
- Пилотска пристрастеност
- Катастрофална предразположеност
- “Каубойско” поведение
- Временна практика
- Недостатъчна подготвеност

Тези фактори имат частично присъствие в някои аварии, но са с относително малка стойност при липсващо съвместно представяне на механизма на аварията и предизвиканите реакции на системната архитектура, въздействията на недостатъчността на оборудването, планирането, оперативните процедури и организационното управление.

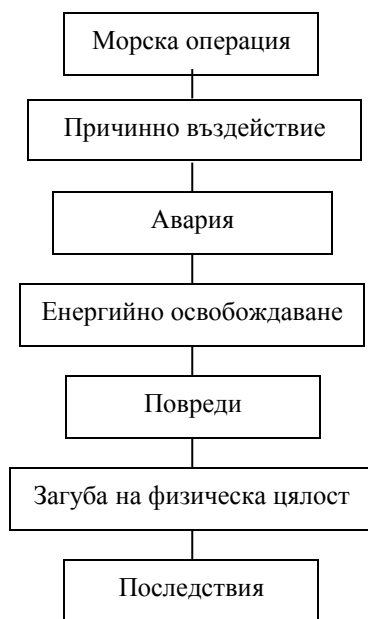


Схема 11. Цялостно представяне на аварийния процес.

В допълнение към изложените фактори, концепцията за човешката грешка (т.нар. грешка на оператора) е най-често цитираната причина и обяснение за възникващите аварии. При членовете на т. нар. “непосредствен изпълнителен състав” на системата, пилотът или операторът на системата са най-често

набеждавани за източници на аварии. Хората от “непосредствения изпълнителен състав” са в пряко взаимодействие с опасните процеси при изпълнение на своите длъжностни функции, например в качеството на Капитан на пътнически кораб. Характерно за “непосредствения изпълнителен състав” е сблъсъкът с всички практически проблеми на системата и с реализациите на преобладаващата част от действията, предизвикващи инциденти и аварии. Членовете на “ръководно-управленския състав” (менеджери, конструктори, контролно-регулаторни администратори и системни архитекти) са откъснати от непосредственото изпълнение на функциите в процесите/системите, но са определено с много по-голяма отговорност за условията на работната среда, в която са поставени членовете на “непосредствения изпълнителен състав”, тъй като разпределят наличните ресурси по поставени цели и създават ограниченията на извършваните дейности.

Човешките грешки разкриват отговорността за проблемите, които не са с технически източник. Техническият подход при изследване на проблемите, представляващи възможна заплаха създава твърде позитивно или консервативно-ограничено отношение на инженерите към причините за аварията. Изглежда твърде примамливо да се състави списък на факторите със значително човешко присъствие в аварията, без да се представи някакво обяснение за причините им за реализация, като:

- Значение на системите, зависими от операторско присъствие;
- Ограничени човешки способности;
- Недостатъчен контрол в сложна система;
- Организационни недостатъци;
- Недостатъчно разкриване на риска.

Таблица 10

Честота на реализация на групите от причини за аварии/катастрофи с кораби по-големи от 1599брт

| Причинна област                      | Група от причини   | Честота   |           |
|--------------------------------------|--|-----------|-----------|
|                                      |  | Абсолютна | Процентна |
| Външни причини<br>39.9%              | Външни причини, въздействащи на навигационното оборудване  | 8         | 1.9       |
|                                      | По-малко от необходимото навигационно оборудване           | 27        | 6.4       |
|                                      | Ограничена видимост  | 53        | 12.5      |
| Функционална недостатъчност<br>8.8%  | Въздействие на каналния и притискащия ефекти               | 79        | 18.9      |
|                                      | Функционална недостатъчност на корабните системи           | 24        | 5.7       |
|                                      | Функционална недостатъчност на навигационното оборудване   | 8         | 1.9       |
| Ресурсна недостатъчност<br>18.9%     | Откази на дистанционното управление на корабните системи   | 3         | 0.7       |
|                                      | Откази на комуникационното оборудване                      | 2         | 0.5       |
|                                      | Недостатъци в конструкцията на мостика                     | 1         | 0.2       |
|                                      | Неосъвременени карти и ръководства                         | 34        | 8.1       |
|                                      | Пропуски в организацията и изпълнителния състав на мостика | 35        | 8.4       |
| Навигационна недостатъчност<br>22.9% | Недостатъци в комуникациите на мостика                     | 5         | 1.2       |
|                                      | Недостатъчна компетентност или подготвеност                | 4         | 1.0       |
|                                      | Недостатъци в навигационното осигуряване и маневрирането   | 49        | 11.7      |
|                                      | Пропуски в замерванията на постоянните навигационни знаци  | 35        | 8.4       |
| Небрежност<br>8.1%                   | Недостатъци в измервателното оборудване                    | 10        | 2.4       |
|                                      | Неправилно тълкуване на ситуацията                         | 2         | 0.5       |
|                                      | Пропуски в носенето на вахтата                             | 24        | 5.7       |
| Други кораби<br>1.4%                 | Индивидуални човешки пропуски                              | 10        | 2.4       |
|                                      | Функционални пропуски и недостатъци                        | -         | -         |
| Общо                                 | Навигационни пропуски                                      | 6         | 1.4       |
|                                      |  | 419       | 100       |

Класическата задача на системната организация е разпределение на изпълняваните функции между операторите (хората) и машините (например оборудването, компютрите и др.).

Основните инициращи фактори за сблъсквания и заседания в анализът на аварията с норвежки кораби [4] са определени и групирани, както следва:

- Външни условия (като въздействие на външни сили като лоши хидрометеорологични условия, ограничена видимост и др.)
- Функционална недостатъчност (като недостатъчност или влошена изпълнителност на техническото оборудване, функциите и системите)
- Ресурсна недостатъчност (като недостатъчност на ергономичните условия, планирането, организацията и подготвеността)
- Навигационна недостатъчност (като недостатъчност на маневрени и оперативни способности, неправилно тълкуване на ситуацията и др.)
- Небрежност (недостатъци, произтичащи от персонала, неизпълнения/ грешки, нарушения или отклонения от установената практика, правила и инструкции)
- Други кораби (като въздействия от извършени пропуски от други кораби)

Подобен списък на причините представя приблизително, но твърде полезно опростено представяне на истинските характеристики и същност на аварията. Анализът се основава на 419 случая на заседания на кораби с водоизместване по-голямо от 1599 брт. Таблица 10 показва основните проблемни области за подобни аварии/катастрофи с използване на описаният списък от причини. Въз основа на представената информация в Таблица 10, могат да се направят следните основни изводи:

- Хидро-метеорологичните условия са едни от основните причини при аварията със заседания на кораби.
- Функционалните-техническите проблеми относително рядко са основна причина за възникване на аварии.

Проблемите с работната среда, изпълнението и небрежността при операторската дейност (т.нар. “меки” проблеми) са основна причина за аварията. Анализите на аварията с кораби разкриват характеристиката на морските аварии, представена обобщено в Таблица 11.

Таблица 11

### Характеристика на морските аварии

| Характеристика                    | Описание   |
|-----------------------------------|--|
| Ежедневна дейност                 | Недостатъците или отклоненията са много повече свързани с ежедневните дейности и ситуации, отколкото с извънредните ситуации. Извънредните ситуации рядко водят до възникване на аварии.   |
| Няколко причини                   | Рядко са случаите на една, единствена причина за възникване на авария. Обикновено аварията възниква под въздействие на няколко причини и грешки.   |
| Процес                            | Причините взаимодействат помежду си и съвместно предизвикват аварии. Аварийният процес обикновено започва дълго преди да се превърне в последователност от много по-драматични събития   |
| Постепенно развитие               | Аварията не възниква внезапно. Недостатъците и функционалната деградация се развиват постепенно и дали ще предизвикат авария или опасна ситуация в повечето случаи е случайно явление.   |
| Операторски недостатъци           | Операторските (или човешките) грешки се представят в подготвеността и допусканите пропуски. Операторът е част от “изпълнителния състав”, поради което активен елемент на аварията, въздействащи на цялата система  |
| Ситуационна обвързаност           | Аварията е ситуационно обвързана. Това се дължи на ефекта от съвместното въздействие на всички условия на ситуацията, които са критични за аварийния процес. Условията на ситуацията включват външни условия, разпределеност на работните задължения, компетентност и опитност на операторите, работна среда, време от денонощието, други. |
| Съсредоточаване върху резултатите | Много по-лесно се определят недостатъците в завършващите етапи на аварията, отколкото на етапа на нейното възникване. Резултатът е, че ръководният състав предпочита да разглежда действията за ограничаване на последствията, отколкото за  |

**Изводи**

Рядко съществува едно-единствено обяснение за възникване на аварийите. Разработени са повече или по-малко обобщаващи модели и теории за обясняване на аварийите. Някои от най-популярните теории за обясняване на аварийите в корабоплаването включват:

1. *Държавата на знамето или регистрацията на кораба*: Морската администрация притежава основна отговорност за управлението, контрола и поддържането на стандартите по безопасност на корабоплаването. В периода от 1984 до 1995 година се наблюдава почти 14 кратна разлика между най-високото и най-ниското равнище на загуби на кораби с различни държави на флага или регистрацията.

2. *Продължителността на експлоатация*: Стандартите за техническите средства и морските длъжностни лица имат тенденция към влошаване на своите параметри с увеличаване на продължителността на експлоатация на корабите. Възгледът за влошаване на показателите по стандарти на безопасност с увеличаване на продължителността на експлоатация е популярен. На този хипотетичен довод за произхода на аварийите се противопоставя довода, че ефекта на продължителността на експлоатация върху безопасността на кораба се минимизира чрез изпълняване на адекватна поддръжка и ремонт.

3. *Интензивността на експлоатация*: Количеството на аварийите с корабите е пропорционално на трафика на корабоплаване в дадения район.

При сравняване на равнището на загубите в пристанищата на САЩ се открива строга корелация между засяданията и общото количество кораби посетили пристанището за единица време.

**Използвана литература**

1. Наредба № 23 за разследване на произшествия в морските пространства и вътрешните водни пътища. Министерство на транспорта и съобщенията, ДВ №95, 39 ноември 2005.
2. DNV, FSA of NLA on Passenger Vessels. Report №. 97-2053, Det Norske Veritas, Oslo, 1998.
3. Environmental..., 1985, Environmental program of the Netherlands 1986-1990. Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Ministry of Agriculture and Fisheries, Ministry of Transport and Water Management, The Hague.
4. Karlsen, J. E. and Kristiansen, S., Analysis of Causal Factors and Situation Dependent Factors, Project: Cause Relationships of Collisions and Groundings. Report 80-1144, Det Norske Veritas, Høvik, Norway, 1980.
5. Kårstad, O. and Wulff, E., Safety of Continental Shelf, (In Norwegian: Sikkerhet pa sokkelen). Universitetsforlaget, Oslo, 1983.
6. Kristiansen, S. and Olofsson, M., SAFECO – Operational Safety and Ship Management. WP II.5.1: Criteria for Management. Marintek Report № MT23 F97-0175, Trondheim, 1997.
7. Lancaster J., 1996, Engineering Catastrophes: Causes and Effects of Major Accidents, Abington Publishing, Cambridge, UK.
8. Lloyd’s Register of Shipping, 1962-93, Statistical Tables, Lloyd’s Register of Shipping, London.
9. Lloyd’s Register of Shipping, 1994-98, World Casualty Statistics, Lloyd’s Register of Shipping, London.
10. Lloyd’s Register of Shipping, 1994-98, World Fleet Statistics, Lloyd’s Register of Shipping, London, Norwegian Shipowner’s Association, <http://www.rederi.no/en/library/>.
11. Spouge, J.R., The safety of Ro-Ro passenger vessels. Transactions of the Royal Institute of Naval Architects, Vol. 131, 1-27, 1989.
12. Stephenson, J., System Safety 2000 – A Practical Guide for Planning, Managing, and Conducting System Safety Programs, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.

**За контакти:** доц. д-р Кирил Николов Колев, e-mail: kolev.1955@abv.bg  
ВВМУ “Н. Й. Вапцаров”, гр. Варна тел. 052/ 632 015