

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА

Делян Михайлов Щерев

**МЕТОДИКА ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПРЕВОЗ НА
НАСИПНИ ТОВАРИ, СКЛОННИ КЪМ РАЗВОДНЯВАНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за получаване на образователна и
научна степен „доктор”

по докторска програма: 5.5.4. „Управление на кораба и корабо-
водене” към професионално направление: 5.5. Транспорт, кора-
боплаване и авиация

Научни ръководители:

1. доц. д-р инж. Марин Койчев
2. доц. д-р инж. Михаил Щерев

Варна 2024 г.

Дисертационният труд е обсъден на 18.07.2024 г. в Обединено научно звено, което е сформирано със заповед на Ректора № 445 / 03.07.2024 г. и насочен за защита.

Автор: Делян Михайлов Щерев

Заглавие: Методика за оптимизиране на превоз на насипни товари, склонни към разводняване.

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ВАРНА

Делян Михайлов Щерев

**МЕТОДИКА ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПРЕВОЗ НА
НАСИПНИ ТОВАРИ, СКЛОННИ КЪМ РАЗВОДНЯВАНЕ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за получаване на образователна и
научна степен „ДОКТОР”

Варна 2024 г.

Дисертационният труд съдържа 215 страници, включително 33 фигури, 50 таблици и 10 приложения оформени в 4 глави, общи изводи и списък на използваната литература от 130 заглавия, от които 42 на кирилица и 88 на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на Г. от Ч. в на открито заседание на жури сформирано със заповед на Ректора No/.....Г.

Материалите по защитата (дисертацията, рецензиите и становищата) са на разположение на интересуващите се в Докторантския център, стая 318 НУК.

Актуалност на темата.

Осигуряването на безопасността на корабите участващи в превоза на насипни товари по море е комплексен логистичен проблем. Този проблем не е нов, но придоби особена актуалност през последните години, когато само за периода от 2010 г. до 2021 г. потъват 44 кораба за насипни товари с DWT над 10 000 t, десет от които са превозвали товари, склонни към втечняване.

Гибелта на 10-те кораба за насипни товари представлява 23% от тежките произшествия с плавателни средства от този сегмент, но се характеризира с най-много жертви – 143-ма моряка (82%) от всички загинали членове от екипажите на тези кораби.

Основната причина за многото загуби на плавателни средства и екипаж, посочена в докладите от разследванията на тези произшествия, се дължи на „човешкия фактор”. На първо място – на неадекватните действия на операторите на кораби при възникване на аварийни ситуации и на второ място – на недостатъчните им умения и навици да ги анализират, оценят и вземат обосновани решения за изход от тях.

В този смисъл оптимизацията на превозите по море на товари, склонни към втечняване, е свързан с осигуряване на безопасността на корабите чрез повишаване на знанията и уменията на техните оператори да анализират, оценят и вземат адекватни решения за недопускане и/или изход от възникнали аварийни ситуации.

От тази гледна точка актуалността на темата се потвърждава и от приетите резолюции и нормативни документи на Международната морска организация (ИМО), като: Международния кодекс за управление на безопасната експлоатация на кораби и предотвратяване на замърсяването (ISM Code), Кодекса за разследване на морски произшествия и морски инциденти, Международния кодекс за превоз на твърди насипни товари по море (IMSBC Code), Международната конвенция за безопасност на човешкия живот на море от 1974 г., както е изменена (SOLAS'74), Международната конвенция за вахтената служба и нормите за подготовка и освидетелстване на моряците от 1978 г. (STCW, 1978). Посочените документи, по същество налагат изискването за непрекъсната актуализация на подготовката и преподготовката на морските лица, изпълняващи дейности по осигуряване на безопасността на корабоплаването.

Цел на дисертационното изследване: Оптимизиране на превозите по море на склонните към втечняване товари чрез осигуряване на безопасността на корабите в екстремни ситуации.

Научна хипотеза на изследването

Безопасността на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване, е функционално зависима от професионалната подготовка и умения на корабните оператори, владеещи систематизирани знания и притежаващи необходимите навици за прилагане на оптимизационни методи и алгоритми за управление на събитията в екстремни ситуации.

Задачи на изследването:

1. Формализация на задачата за оценка на текущата ситуация и разработване на модел на сценарий на аварийно морско събитие.
2. Управление на безопасността на корабите при превоз на склонни към втечняване товари.
3. Разработване на методика за подготовка на командния състав на корабите за вземане на решения в аварийни ситуации.

Предмет на изследването – безопасността на корабите при превозване на товари, склонни към втечняване.

Обект на изследването – кораби за насипни товари, превозващи твърди, не зърнени, склонни към втечняване товари.

Ограничения на изследването. Управлението на безопасността на кораба и анализът на риска при превозите на товари, склонни към втечняване, се ограничава до две равнища:

- корабът като самостоятелна система;
- корабът като елемент от сценарий на аварийно морско събитие в системата „кораб – оператор – среда”.

Методи на изследване. За решаване на поставените задачи се използват: метод на системния анализ при избора на общата методология в структурата на дисертационното изследване; метод на експертно оценяване за установяване на причините за възникване и развитие на аварийните ситуации и оценка на риска от негативните последствия, свързани с безопасността на кораба при втечняване на товара; сценариеен метод за генерация на аварийни морски събития; графоаналитични, логични и евристични методи за построяване на сценарии на аварийни морски събития и приемане на решения за действия, насочени за тяхното предотвратяване.

Място на изследването

1. За целите на изследването е споделен личният опит от 18-годишна корабоплавателна практика на докторанта, включително като капитан на корабите „Капитан Георги Георгиев“; „Странджа“; „Каменица“ и „Миджур“.

2. Експериментално изследване на процеса на допълнителното обучение и провеждането на тестове и анкети с морски специалисти от нива капитани и старши помощник капитани на кораби, провеждани в Центъра за професионално обучение при „Параходство БМФ“ АД.

Научна новост на изследването

1. Изследван е и е установен причинно-следственият характер на аварийността на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване.

2. В процеса на изследването за първи път са получени следните научно-приложни и приложни резултати, относно превозите на товари, склонни към втечняване:

- евристично-логично и физическо проследяване и оценка на динамиката на развитие на аварийните събития, застрашаващи безопасността на кораба, вследствие на втечняването на превозвания товар;

- разработен е алгоритъм на сценарий на аварийно морско събитие на базата на евристично-вероятностната идентификация и графоаналитичната формализация на причинно-следствения характер на събитията, предизвикващи загубата на устойчивост на кораба, при втечняване на товара на борда му.

3. Разработена е методика за „проекционно моделиране“ на текущата ситуация в системата „кораб – оператор – среда“, установяваща тенденциите за нейното поетапно развитие и вероятностите за настъпване на аварийно морско събитие.

4. Разработен е „рационален модел“ и алгоритъм за решаване на задачата за приемане на решения при възникване на аварийни ситуации, вследствие на втечняване на превозвания товар.

5. Разработена е методика за допълнително обучение и предрейсова подготовка на лицата, вземащи решения и операторите на борда на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване.

Практическа ценност на изследването

Резултатите от дисертационната разработка могат да се използват в практическата дейност на операторите на борда на корабите (управленско ниво) за управлението на безопасността при превозите на твърди насипни товари.

Практическите резултати от дисертацията могат да се използват при разследване на морски Происшествия и инциденти.

Предложената в дисертацията програма за допълващо обучение може да намери приложение в морските учебни центрове, за повишаване на компетентността на офицерите от управленско ниво на корабите.

Апробация на изследването

Основните резултати от изследванията са докладвани и публикувани, както следва:

XXVI Международна научна конференция - Ст. Загора, 2016 г.;

XVIII Международен научен конгрес „Машини. Технологии. Материали“, зимна сесия - Боровец, 2021 г.;

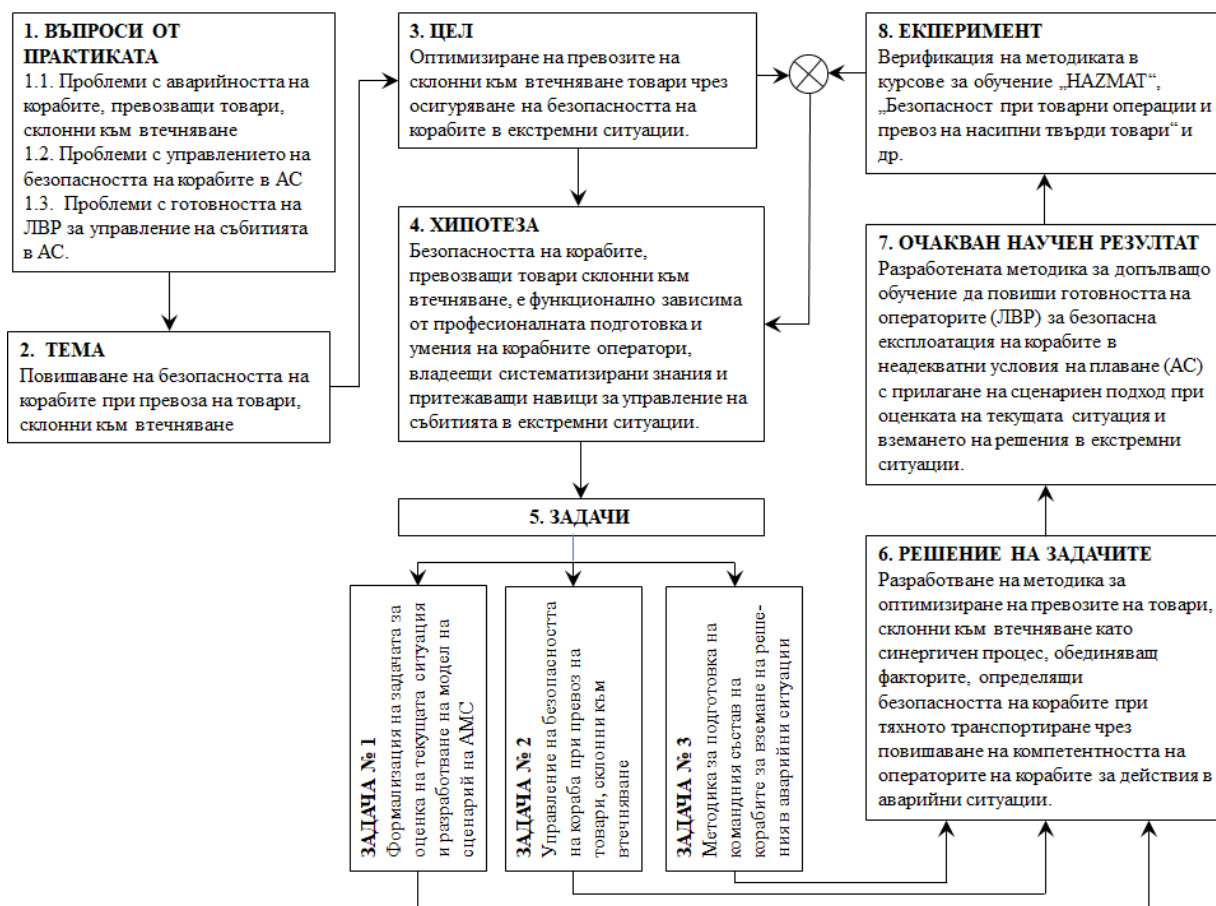
XXXI Международна онлайн научна конференция - Ст. Загора, 2021 г.

XVIII Международен научен конгрес „Машини. Технологии. Материали“, лятна сесия – „Св. Св. Константин и Елена“, 2021 г.

Структурно-логическа схема на изследването

Възприетата структурно-логическа схема на изследването започва с разкриването на особеностите и проблемите от практиката при превозите с кораби по море на твърдите насипни товари с акцент на аварийността им, вследствие на втечняването на някои от тях. Следващото равнище на изследването се основава на установените характеристики на средата и предпоставките за управление на безопасността. То е насочено към разработване на методологията за изследване на процесите за възникване на аварийни ситуации и оценката на рисковете от Происшествия в системата „кораб – оператор – среда“, като се решават задачите за управление на безопасността на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване. Така се стига до третото ниво на дисертационното изследване – разработване на методика за оптимизация на превозите на склонни към втечняване товари, като концептуален модел за управление на безопасността на корабите, чрез подходящо допълващо обучение на операторите на корабите, които ги транспортират.

Технологичната карта на структурно-логическата схема на изследването е показана на фиг.1.



Фиг.1. Технологична карта на структурно-логическата схема на дисертационното изследване.

Съдържание на дисертационния труд.

Дисертационният труд се състои от въведение и четири глави.

Във въведението се обосновава актуалността на проблема с превозите по море на насипни товари, склонни към втечняване от група А на Международния кодекс за превоз на твърди насипни товари (IMSBC Code). Подчертано е, че повратен момент в практиката на IMO по отношение на безопасния превоз на твърдите насипни товари, е приемането и задължителния характер на IMBSC Code, но също така, че на преден план остава проблемът с нормативната обосновка за изискванията за безопасния превоз на склонните към втечняване товари.

В първа глава „Причинно-следствен анализ на аварийността на корабите, превозващи твърди насипни товари“ е извършен литературен обзор на общата аварийност и анализ на аварийните морски произшествия (АМП), свързани с превоза на твърди насипни товари с акцент, за причинно-следственият характер и особеностите при превоза на товарите, склонни към втечняване. От извършеният анализ на проблемите, свързани с превозите по море на този вид товари са направени следните изводи:

1. През 2021 г., близо 50% от всички превозени товари по море се падат на насипните товари.
2. Броят на тежките произшествия през периода 2010 г. – 2021 г., довели до пълна загуба на кораби, намалява с 58%. В същото време, 49% от всички морски катастрофи са с кораби превозващи сухи, в това число и насипни товари.
3. Втечняването на превозвания товар, като причина за загубата на кораби за насипни товари през периода 2010 г. – 2021 г., е свързано с най-много човешки жертви.
4. Характерно за динамиката на произшествията с корабите, потънали поради втечняване на товара борда, е краткият интервал от време, през който е необходимо да се вземат решения и да се предприемат действия за недопускане на прерастването на обстановката на борда, в катастрофа.
5. Причините за аварийните морски произшествия, произтичащи от поведението на товарите от група А на IMSBC кодекса, са тяхното втечняване и динамично разслояване, в резултат на лошите ХМУ на плаване.

6. Нормативно заложеният критерий за недопускане на втечняване или динамично разслояване на товара - влагосъдържанието на товара да е по-малко от TML, е необходимо, но недостатъчно условие за гарантиране на безопасния превоз на товарите от група А на IMSBC кодекса.

7. Човешкият фактор е в основата на катастрофите с кораби, превозващи товари, склонни към втечняване. Причината е липсата на систематизирани знания и практически опит при техния превоз.

8. Придобиването на систематизирани знания и практически опит за оценка и управление на рисковете при превоза на товари, склонни към втечняване, е необходимо условие за оптимизиране на техния превоз и осигуряване на безопасността на транспортиращите ги кораби.

9. Оптимизирането на превоза на товарите, склонни към втечняване и осигуряването по този начин на безопасността на транспортиращите ги кораби, налага разширяване на програмите за подготовка и преподготовка на ЛВР, за повишаване на техните знания и умения за оценка на ситуацията и вземане на решения в случай на втечняване на товара.

Втора глава „Формализация на задачата за оценка на текущата ситуация” е посветена на идеята за изграждане на методологична база за систематично изследване на проблема с оценката на текущата ситуация от позицията на вероятността за възникване на аварийно произшествие с корабите, превозващи товари, склонни към втечняване.

В обхвата на изследването въпросът за проблемната ситуация се основава на хипотезата, че за всяко събитие (А) съществува поне една вероятност (Р), то да възникне и тази вероятност е ненулева:

$$\forall A \exists ! P : P(A) = P > 0 \quad (1)$$

Вероятността това събитие да се трансформира в реална вреда/щета за кораба се определя като „риск” за неговата безопасност. В този смисъл, рискът представлява вероятност за реализация на опасност или негативно явление с отрицателни последици за кораба. Той е разположен винаги в бъдещето и като такъв се явява основен критерий за оценка на ситуацията във времето и пространството в която функционира корабът.

Алтернативата на вероятността за реализиране на опасността е също в сферата на вероятностите. Това е вероятността рискът да бъде избегнат чрез набелязване на коригиращи мерки и предприемане на съответни действия.

Съществува и друга вероятност, изразяваща се в това, че въпреки предприетите коригиращи действия от страна на оператора на кораба, рискът може да не бъде избегнат. В такъв случай налице е категорията „неопределеност”, отразяваща „съществуващите неизвестни”.

При оценката на текущата ситуация, свързана с превозването по море на насипни товари, склонни към втечняване, съществуват няколко основни групи фактори, които се явяват източници на неопределеност: 1) **фактори**, свързани със съответствието на показателите на приемания на борда товар на изискванията на IMSBC кодекса за транспортабелност по море – технологична неопределеност; 2) **фактори**, свързани с въздействието на околната среда, метеорологични, климатични и хидродинамични явления – неопределеност на околната среда; 3) **фактори**, породени от непознаване, неразбиране или неяснота относно проблемите, произтичащи от естеството на свойствата на товарите, склонни към втечняване при превоза им с кораби по море – субективна неопределеност, свързана с квалификацията и компетентността на операторите; 4) **фактори**, породени от недостатъчно познаване на анализите, препоръките и изводите от предишни аварийни произшествия, свързани с втечняване на товара на борда на превозващите ги кораби.

Изхождайки от горните съждения, в дисертационната работа, под неопределеност в оценката на текущата ситуация е прието да се разбира свойство на системата, следствие от което е появата или съществуването на вероятност за възникване на рискови събития с негативни последици върху кораба. Така неопределеността се явява атрибутивен източник на риск.

Проблемът е, че неопределеността и рискът не са свързани помежду си с някакъв общ инструментариум, който да се използва при описването им. Най-общо, рискът се свързва с преодоляване на неопределеността, т.е. задача, която е производна от субективната преценка на лицето, вземащо решение (ЛВР) към последствията от приетите от него действия за постигане на желаната цел. Това означава, че рискът (R) от възникване на аварийно събитие (А) е пропорционален на неопределеността (Q) за последствията (С) според преценката (К) на ЛВР:

$$R(A_i) \propto \{Q, C, K\} \quad (2)$$

Липсата на дефинирани идентифициращи показатели за настъпване на извънредна ситуация и АМП при превозите на склонни към втечняване насипни товари, затруднява отговорът на въпроса (оценката), кога текущата ситуация ще прерасне в аварийна. Това намира отражение върху определя-

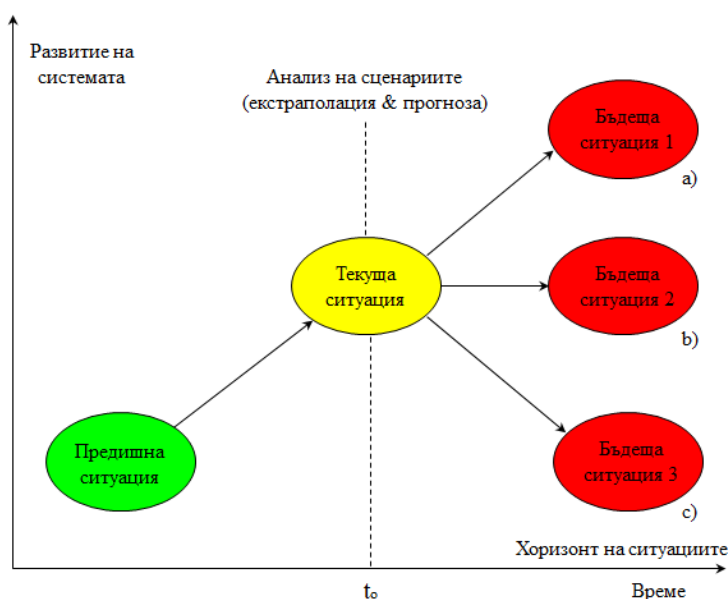
нето на задачите за управление на събитията. Затова преди нейното формализиране е необходимо да се отговори на следните няколко въпроса:

- каква неопределеност съществува при превозите на товари, склонни към втечняване?
- какви рискови събития произтичат от тази неопределеност?
- какви методи ще се използват за моделиране на аварийно морско събитие, за да се изследва и анализира рискът за неговото възникване?
- какви биха могли да бъдат последствията от приетите решения за предотвратяване или намаляване на риска?

Така поставените въпроси, определят оценката на текущата ситуация като стратегическа задача. В отговорите им е заложена стратегията, към която ЛВР ще се придържат при действията си в условията на риск и неопределеност, за да са в състояние да отреагират адекватно на неопределеността и да избегнат негативните последствия.

От тази гледна точка, оценката на текущата ситуация придобива характер на оптимизационна задача. За нейното решаване, в дисертацията е приет системно-ситуационния подход чрез прилагане на метода на сценарийния анализ за управление на събитията, свързани с безопасността на кораба.

Различават се следните три типа текущи ситуации: а) ситуации на определеност, при които изборът на действия (алтернатива) от множество възможни такива, винаги води до известен, точно определен резултат (изход); б) ситуации на риск, при които изборът на действия (алтернатива) от множество възможни такива, може да доведе до произволен резултат (изход) от определено (фиксирано) множество резултати. В такъв случай, обаче, това означава, че за всяка алтернатива е известна вероятността за възможния изход; в) ситуации на неопределеност, при които изборът на конкретни действия (алтернатива), може да доведе до произволен резултат (изход) от определено (фиксирано) множество резултати. Тук могат да бъдат разграничени два случая: или вероятностите са неизвестни, поради липса на необходимата статистическа информация, или изобщо няма смисъл да се говори за обективни вероятности.



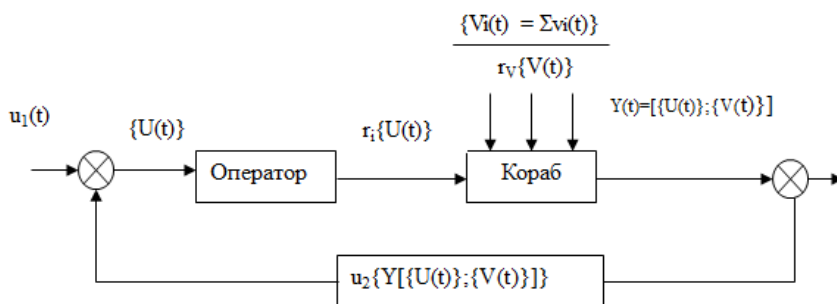
Фиг. 2. Модел на сценарийен анализ на развитие на текуща ситуация.
а) ситуация на определеност; в) ситуация на риск; с) ситуация на неопределеност.

За преодоляването на този проблем се прилага методът на сценарийния анализ, чиято структура е показана на фиг. 2.

Сценарийният анализ, като начин за решаване на посочения проблем, позволява да се опише предполагаемото поведение на кораба в бъдещето и да се определи очаквания ход на събитията – „хоризонт на ситуациите”.

В такива случаи са вероятни алтернативи с различна последователност на действията и произтичащите от тях събития, които могат да се случат в бъдеще със системата и с кораба, като елемент от нея. Характерното е, че всички алтернативи имат общо начало, но различни траектории на развитие в зависимост от въздействащите върху кораба фактори на средата. Разработването на сценарии за оценка на текущата ситуация на кораба се отнасят към типичните неформализирани процедури в които ситуационните фактори са представени като набор от събития. Зависимостите между тези събития са или не са детерминирани, а степента на влияние на факторите, определящи характерът на тези събития са или не са известни. Това намира отражение върху избора на алтернативи за действия от страна на ЛВР, т.е. вземане на решения в условията на риск и неопределеност.

За тази цел в дисертационната разработка е предложен модел на системата „кораб – оператор – среда” (КОС), който позволява изследването на структурно-съставляващите фактори, свързани с осигуряването на безопасността на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване (фиг. 3).



Фиг.3. Структурна схема на системата КОС.

$U(t) = \Sigma u_i(t)$; $u_2(t)$ - множество на входните сигнали; u_1 - входен управляващ сигнал, задаващ режима на работа на кораба; u_2 - обратна връзка;
 $r_1\{U(t)\}$ - управляващо въздействие от оператора върху кораба; $\{V_i(t)\} = \Sigma v_i(t)$ - множество входни сигнали от въздействието на околната среда; $r_v\{V(t)\}$ - въздействие на околната среда върху кораба; $Y(t)$ - резултиращо въздействие.

Следва да се отбележи, че структурната схема (фиг.3) на системата, се явява концептуален модел. Той не разкрива в достатъчна степен съдържателността на връзките между нейните елементи от гледна точка на целите и задачите на разработвания модел за оценка на развитието на процесите в текущата ситуация. Тези свойства се изследват в математическия модел на системата.

Математическият модел на процесите в текущата ситуация на системата КОС може да

се представи с уравнението за нейното състояние. Уравнението свързва в крайно множество параметрите на състоянието от системата с техните производни спрямо времето:

$$S \equiv [\{A_i\} \& \{r_i\}, \Delta t] \quad (3)$$

където: S - текуща ситуация на системата;

$\{A_i\}$ – множество на събитията в системата;

$\{r_i\}$ - множество на въздействията между събитията в системата;

Δt – интервал от време на въздействие на събитията в системата.

Подобен подход позволява да се опишат и прогнозираят адекватно реалностите на събитията в съответните физически системи и явления с помощта на подходящи математически методи.

От структурната схема на модела на системата КОС е видно, че обектът на управление в нея - кораба, е подложен на въздействия от два типа променливи. Първият тип променливи са въздействията $U(t) = \Sigma u_i(t)$, независими управляеми (инструктивни) променливи въздействия, предприемани от субекта на управление (оператора, ЛВР) спрямо обекта на управление.

Вторият тип променливи са независими ситуационни въздействия на външната среда $V(t) = \Sigma \{v_i(t)\}$ върху обекта на управление, които не влизат в състава на въздействията, предприемани или организирани от ЛВР. Източникът на тези въздействия може да бъде „външен“, например ХМУ, но може да бъде и „вътрешен“ за кораба. Такива вътрешни източници на въздействие на околната среда за кораба, като подсистема на КОС се явяват, например, свойствата на приетия товар или компетентността на екипажа. С други думи, такива, които са дадености за част от системата, но определят управляващите въздействия на ЛВР върху кораба.

И в двата примера, влиянието на външната среда върху обекта на управление при определени обстоятелства или условия могат да се проявят в качеството на фактори на неопределеност, а в рискова ситуация – като фактори на риска, рискови фактори.

По такъв начин, факторите на риска не представляват едно или друго състояние на средата, а възможност средата да бъде в едно от няколкото състояния. Това, според теорията за приемане на решения в условията на неопределеност, може надеждно да бъде предвидено и ЛВР да предприеме нужните действия.

Резултиращото въздействие върху обекта на управление $\{Y\}$, в съответствие с теорията на системния анализ, може да се опише с уравнението за състоянието на системата във векторното пространство:

$$\{Y\} = F[\{U\}, \{V\}] \quad (4)$$

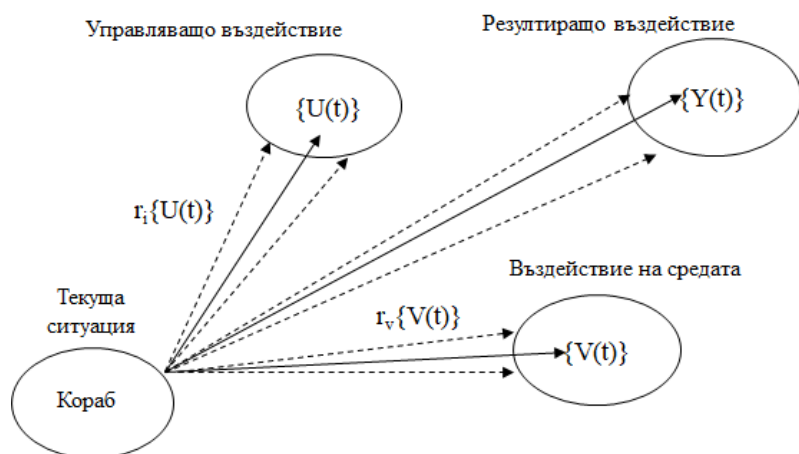
където: F – линеен оператор на системата, определящ връзката между указаните елементи на системата.

Останалите съставляващи на уравнението бяха разгледани по-горе.

Графичната интерпретация на уравнение (4), т.е. представянето на зависимостите и взаимодействието между променливите в системата КОС в редуцирана (векторна) форма в пространството на състоянието, е показана на фиг.4.

От векторния анализ на графиката е видно, че резултиращото въздействие върху обекта на управление, водещо до едно или друго последствие в пространството на състоянието, може условно да се интерпретира като вектор, равен на сумата от векторите на въздействие на ЛВР и на околната среда.

Основният проблем при това е, че въздействието на външната среда има случаен характер, т.е. векторите на нейните съставляващи са променливи и могат да са както с различна дължина, така и с различна посока. Тази несигурност в оценката за въздействието на околната среда води до неопределеност на резултантния вектор и индетерминизъм на резултатите от приетите действия $\{U\}$ на ЛВР. Те са обусловени от обстоятелството, че в момента на вземането на решение е неизвестно бъдещото състояние на околната среда, т.е. за нейното въздействие $\{V\}$ върху кораба.



Фиг. 4. Графична интерпретация на състоянието на системата КОС.

ни в две направления:

Първо – тезата, че математическият модел трябва адекватно да описва физическата ситуация за да се определят границите на системата и системните фактори, въздействащи върху обекта на управление в системата.

Второто е тезата, че управленското въздействие на ЛВР има първостепенно значение при определяне на оптималното поведение на обекта на управление в системата в условията на възникване на дадената ситуация.

Двата подхода имат своите предимства и недостатъци в различните етапи на изследвания процес. Например, в началния етап, структурата на системата има водещо значение за определяне на връзките и взаимодействието между нейните елементи и средата.

На следващите етапи, структурата, макар и важна за развитието на системата в нейната първоначална форма, постепенно губи своя приоритет при определяне на нейното поведение в текущата ситуация. На преден план излизат управленските фактори. Причината е, че системата функционира в среда, която се характеризира с висока степен на неопределеност и при тези обстоятелства определящ фактор в процеса на реагиране, адаптиране или инициране на противодействие срещу възникване на АМС се явява ЛВР със своите преценки, анализи и действия.

Обективна разлика между факторите на неопределеност и факторите на риска няма, но има субективно различие. Различието се определя от несигурността в оценката за тяхното влияние върху обекта на управление от страна на ЛВР, т.е. според техните разбирания и преценки за протичащите процеси в системата.

В приетата в морската общност методика рискът се определя като мярка за опасност от аварийно събитие, съчетаваща вероятност за възникване на аварийна ситуация и последствията от нея и се описва, като функция от две променливи

$$R = f(P, C) \quad (5)$$

където P е вероятността от настъпване на неблагоприятно събитие, а C са последствията от реализацията на благоприятното събитие. Този подход за формализиране на риска, известен като Formal Safety Assessment [IMO, 2002; IMO, 2018-b] въпреки, че е признат и препоръчван метод от морската практика, позволява различни трактовки за приоритетите при оценката на нивото на риска. В едни от тях на преден план се поставя вероятността за събитията, а в други – последствията от събитията (щетите). В тази връзка, получените количествени значения за риска не са достатъчно информативни за операторите на кораби (ЛВР), за да направят те обоснован избор на управленско решение.

Така поставен, въпросът за оценката на безопасността на кораба в текущата ситуация налага прилагането на по-широка концепция за риска. Тя трябва да позволява неговото систематично и йерархично описание в светлината на наличните знания и притежаваните разбирания за изследваната система и нейното поведение в конкретната ситуация.

Подходяща отправна точка за определяне на връзката между риска и несигурността при оценката на текущата ситуация е концепцията, при която рискът се описва като множество от сценарии на

събития $S_i\{A_i\}$, вероятности за събъждане на тези събития (P_i) и последствията (C_i), ако се събдне предполагаемият сценарий. Така, рискът описан като функция от двата основни, но проблемни фактора (5), за целите на дисертацията, като се интерпретира определението за риск на ZIO и AVEN [2013] с включване на човешкия фактор придобива вида:

$$R(A) \propto \{A_i, P_i, C_i\} / [\{K\}, \{N\}] \quad (6)$$

където: $R(A)$ - риск за гибел на кораба; A_i - събития – преобръщане на кораба; P_i - вероятности за събъждане на събитието (A); C_i - последствия от събъждане на събитието – потъване на кораба; K - познания за елементите на системата като свойства, съдържание и структура; N - разбиране за поведението на системата, т.е. взаимодействието между елементите на системата и на системата с външната среда.

По същество, множеството $\{K, N\} = \Delta$ представлява обемът на фоновите знания (домейн) на ЛВР. Това е сбор от знанията (K) и разбирането (N) за процесите, които могат да предизвикат определено аварийно събитие в системата, но са различни аспекти на несигурността на ЛВР за оценката на риска. По този начин оценката на риска от възникване на аварийно събитие придобива по-широк обхват, особено по отношение на адекватността на действията за предотвратяване на евентуални катастрофални последствия, вследствие на недостатъчни (K) и (N).

Рискът за възникване на аварийно събитие се оценява по приетата от ИМО методика на основата на двуфакторния модел на матрицата на рисковете [ИМО, 2018]. Вероятността и тежестта, следователно и нивото на риска се определят субективно от ЛВР (операторите), според техните знания и разбиране на събитията и за факторите, които ги предизвикват (табл.1).

Таблица 1. Матрица на риска.

Последствия (C)		Вероятност (P)				
		Много малка	Малка	Средна	Висока	Много голяма
		1	2	3	4	5
		Ниво на риска (R)				
Много малки	1	1*1=1	2	3	4	5
Неголеми	2	2	2*4=4	6	8	10
Средни	3	3	6	3*3=9	12	15
Големи	4	4	8	12	4*4=16	20
Много големи	5	5	10	15	20	5*5=25

Според нивото на риска се определят три зони на риск: приемлив – от 1 до 8; значителен – от 9 до 16; катастрофален > 16.

Така разгледаният условно линеен подход за оценка на риска е приложим за предвидими аварийни събития и разработени за целта планове за противодействие в съответствие със СУБК, приети в корабните компании. Този метод е слабо конструиран и недостатъчно формализиран. Остава открит въпросът за определяне на степента на вероятност на рисковете, определени в матрицата на рисковете, които в съответствие с формула (6) зависят от $\{K, N\}$ на ЛВР.

За решаване на този проблем в дисертацията се извършва следното:

1. На основание на нормираните допустими значения на началната метацентричната височина за корабите, превозващи насипни товари $GM \geq 0,15 \text{ m}$ [ИМО, 2020, р. 22], са приети критерии за оценка на нивото на риска, определени в матрицата на риска, както следва:

Приемлив риск (от 1 до 8) – съответства на минимално изискваната от SOLAS величината на метацентрична височина $GM \geq 0.15 \text{ m}$, която предоставя относително възможна гаранция за осигуряване на безопасността на кораба.

Значителен риск (от 9 до 16) – включва областта от величините на GM на кораба $0 \leq GM < 0,15 \text{ m}$, които субективно могат да осигурят преодоляването на възможните негативни сценарии на развитие на събитията. Най-общо, значителният риск е максималното ниво на риска, което не води до необратими негативни последствия за кораба.

Недопустим (катастрофален) риск (по-голям от 16) – тези рискове при които $GM < 0$ изискват приоритетни действия и агресивни стратегии за реакция. За препоръчване е да се избягват или да не се приемат.

2. Въвежда се обобщен (интегрален) показател D_{Δ} , като мяра за оценката на степента на вероятност за възникване на риск, според $\Delta\{K, N\}$ на ЛВР

$$D_a = \lambda \cdot v \quad (7)$$

където λ - коефициент на опасността за кораба;

v – коефициент за уязвимостта на кораба.

Величината на интегралния показател D_a и на коефициентите λ и v се определят според експертната оценка на значенията на приети показатели за опасността и уязвимостта на кораба и вариант в границите на зоните на риска в съответните експлоатационни ситуации по време на плаването на кораба (табл.2).

Таблица 2. Идентификационни показатели на степента на вероятност за възникване на АМС.

Зона на риска	Наименование на ситуацията	Ниво на безопасност	Степен на вероятност за възникване на риск, (D_a)
Приемлив	Щатна ($R=1\div5$)	Нормално ниво на безопасност	$0,1 < D_a \leq 0,15$
	Нещатна ($R=6\div8$)	Понижено ниво на безопасност	$0,15 < D_a \leq 0,3$
Значителен	Екстремна ($R=9\div15$)	Неудовлетворително ниво	$0,3 < D_a \leq 0,5$
Недопустим	Извънредна ($R=16\div20$)	Опасна	$0,5 < D_a \leq 0,8$
	Аварийна ($R=20\div25$)	Катастрофална	$0,8 < D_a \leq 1,0$

В областта на значенията $0,1 < D_a \leq 0,15$ степента за възникване на риск е минимална, ситуацията е щатна и нивото на безопасността на кораба се оценява като нормално. Корабът удовлетворява изискванията на кодексите SOLAS/IMSBC по отношение на конструктивната и експлоатационна надеждност, а също съвременните нормативни изисквания. По-нататъшната експлоатация на кораба е възможна без провеждане на каквито и да е технически или организационни мероприятия за повишаване на безопасността му.

В областта на значенията $0,15 < D_a \leq 0,3$ ситуацията е нещатна, нивото на безопасност на кораба се оценява като понижено. Съществуват едни или други незначителни отклонения от изискванията на кодексите SOLAS/IMSBC, които обаче не пречат по-нататъшната експлоатация на кораба и не се налага провеждане на никакви особени технически или организационни мероприятия за осигуряване на безопасността му.

При по-голямо значение на коефициента $0,3 < D_a \leq 0,5$ експлоатационната ситуация преминава в екстремна, в която нивото на безопасност на кораба се характеризира като неудовлетворително. Има отклонения от техническите и организационни изисквания за осигуряване на мореходността на кораба, без отстраняването на които се повишава рискът за възникване на АМП.

При значения $0,5 < D_a \leq 0,8$ експлоатационната ситуация преминава в извънредна. Вследствие на въздействието на определени опасни фактори е нарушена мореходността на кораба и са възникнали условия за по-нататъшно влошаване на състоянието му. По-нататъшната експлоатация не е възможна без обезателното извършване на съгласувани мероприятия за повишаване на нивото на безопасност, които произтичат от анализа на факторите, обуславящи максималните значения на показателите на опасността и уязвимостта на кораба. От ЛВР се изисква бърза оценка на текущата ситуация, оценка на риска и приемане на решения за действия за ликвидиране на опасността.

Значенията на параметъра $D_a > 0,8$ свидетелстват за аварийна ситуация, а нивото на безопасност на кораба се оценява като критично или опасно. В такива случаи по-нататъшната експлоатация на кораба по условията на риска е недопустима.

За определяне на обобщения (интегрален) показател за степента на риска D_a се въвеждат следните определения:

1. Безопасност – състояние на защитеност от аварии и произшествия с кораба, екипажа, околната среда.
2. Опасност – процес или явление, представляващо заплаха за безопасността на кораба.
3. Ниво на безопасност – качествена характеристика на състоянието на кораба в конкретните условия на неговата експлоатация.
4. Уязвимост – загуба на част или напълно на мореходните способности на кораба, вследствие на реализацията на определена опасност (явление).
5. Код на опасност (уязвимост) – множество от показатели за дадена опасност $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ и уязвимост $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$. Кодът на показателите представлява цифровото изражение на степента на да-

дената опасност (уязвимост) по всеки показател (0 – опасност (уязвимост) отсъства; 1 – малка опасност (уязвимост); 2 – средна опасност (уязвимост); 3 – голяма опасност (уязвимост).

5. Бал – цифрово изражение на опасността (a_i) и уязвимостта (b_i) в границите на установения код. Приета е 3-бална оценка на показателите опасността и уязвимостта. Диапазоните на възможните бални значения на съответните показатели, в зависимост от нивото на риска (табл.1, матрица на риска) и в съответствие с изискванията на класификационните организации за минимално допустимите стойности на метацентричната височина (GM) за корабите, превозващи насипни товари, са посочени в табл.3.

Таблица 3. Бални значения на степените на опасност.

Метацентрична височина (GM)	Степен на опасност (уязвимост)	Значение (бал)	
		Опасност a_i	Уязвимост b_i
$GM > 0,15 \text{ m}$	0 – опасност отсъства	$a_i = 0$	$b_i = 0$
$GM = 0,15 \text{ m}$	1 – малка опасност	$0 < a_i \leq 1$	$0 < b_i \leq 1$
$0 \leq GM < 0,15 \text{ m}$	2 – средна опасност	$1 < a_i \leq 2$	$1 < b_i \leq 2$
$GM < 0 \text{ m}$	3 – голяма опасност	$2 < a_i \leq 3$	$2 < b_i \leq 3$

Интегрална оценка на опасността

Интегралната количествена оценка на опасността за кораба се характеризира с коефициента λ , който представлява онези част от най-неблагоприятните за кораба условия и обстановка по време на експлоатацията му и се определя по формула

$$\lambda = \lambda_0 \sum_{i=1}^4 \delta_i \cdot \alpha_i \quad (8)$$

където δ_i – коефициент на значимост на i -тия показател на опасността (табл.4): определя се по метода на експертните оценки;

α_i – значение на кода на i -тия показател на опасността;

λ_0 – нормиращ множител на показателя на опасностите. Понеже е избрана 3-бална система за оценка на уязвимостта (максимална опасност 3 бала), то

$$\lambda_0 = \frac{1}{3} \quad (9)$$

Таблица 4. Експертна оценка на коефициента на значимост на показателите на нивото на опасностите.

Пореден номер на показателя a_i	Показатели на опасност	Коефициент на значимост на показателя за опасност, δ_i
a_1	Съответствие на с изисквания на кодекса IMSBC за безопасен превоз на товари от група A/IMSBC Code.	0,2
a_2	Съответствие на процедурите за безопасност при приемане на товара на борда.	0,2
a_3	Съответствие на критериите за устойчивостта на кораба и технико-експлоатационното му състояние на изискванията за безопасност на кораба.	0,3
a_4	Съответствие и обосноваване на мониторинга за безопасността на кораба по време на плаването в различните експлоатационни ситуации (a_4).	0,3

Интегрална оценка на уязвимостта

Уязвимостта на кораба е параметър, характеризиращ възможността да му бъдат нанесени щети (повреди), вследствие на въздействието на опасностите, посочени по-горе.

Уязвимостта на кораба е неразривно свързана с характеристиката „живучест“.

Интегралната количествена оценка на уязвимостта на кораба се характеризира с коефициента на уязвимост v , който, както и коефициентът на опасността λ , представлява частта от най-неблагоприятната обстановка на кораба, като съчетание на показателите за уязвимост (табл.5) и се определя по формула

$$v = v_0 \sum_{i=1}^4 \varphi_i \cdot b_i \quad (10)$$

където φ_i – коефициента на значимост на i -тия показател на уязвимостта (табл.5); определя се по метода на експертните оценки;

b_i – значение на кода на i -тия показател на уязвимостта;

φ_0 – нормиращ множител на показателя на уязвимостта. За приетата 3-бална система за оценка на уязвимостта

$$\varphi_0 = \frac{1}{3} \quad (11)$$

Таблица 5. Коефициенти на значимост на показателите на уязвимост.

Пореден номер на показателя b_i	Показатели на уязвимост	Коефициент на значимост на показателя за уязвимост, φ_i
b_1	Състояние и готовност на кораба и корабните оператори за приемане на товара на борда.	0,15
b_2	Съответствие на организацията на товарните операции на процедурите за безопасност при приемане на товара на борда.	0,2
b_3	Съответствие на критериите за устойчивостта на кораба и технико-експлоатационното му състояние на изискванията за безопасност на кораба.	0,3
b_4	Готовност на операторите и съответствие на организацията на борбата за живучест на кораба за предотвратяване и/или ликвидиране развитието на АП	0,35

При най-неблагоприятното съчетание на показателите на опасността, коефициентът $\lambda = 1$ и при същите условия коефициентът на уязвимостта $v = 1$

$$D_a = \lambda \cdot v = 1,0$$

Така определеният интегрален показател позволява не само идентифицирането и определянето на степента на вероятност на риска, но и проследяване на тенденцията на неговото развитие под въздействието на негативните фактори. За целта в дисертацията се използва експоненциалният закон за развитие на ситуациите (нарастване или намаляване), като се прилага интерпретация на модела на Malthus за изследване на степента на вероятността за реализиране на риска.

$$\frac{D_a(t)}{dt} = \varepsilon D_a(t), \quad t \in [0, T] \quad (12)$$

Посоката на прехода на ситуацията се определя като се използва решението на Коши за уравнение (12), както следва:

$$\varepsilon = \frac{\ln D_{1a} - \ln D_a}{\tau} \quad (13)$$

при което, ако: $\varepsilon > 0$ - има процес на движение към АМС (растяща функция);

$\varepsilon = 0$ - има процес на съхраняване на ситуацията (постоянна функция);

$\varepsilon < 0$ - има процес на движение към устойчиво състояние (намаляваща функция).

Предположения за достоверност на зависимостта (13). Поради недостатък на априорната информация, операторите (ЛВР) обикновено се презастраховат, надценявайки по този начин мащаба на събитието. Така, рискът от настъпване на събитие с катастрофален характер може да получи висока оценка, поради субективната му преоценка, която нараства във времето.

При субективната оценка на степента на вероятност за настъпване на рисково събитие, най-често се разглеждат два фактора, определящи риска – знанията на ЛВР за явленията К и разбирането N за процесите, определящи оценката на текущата ситуация и последствията от реализиране на опасността, и следователно – решенията за предотвратяване на риска:

- коефициентът на опасността за кораба λ – той се влияе от показателите на опасността, приети за определяне на риска за възникване на АП;

- коефициентът на уязвимост на кораба v – той се влияе от оценката на последствията, ако се реализира опасността.

При изследване на уравнения (12) и (13) се вижда, че:

- $\varepsilon > 0$ когато знанията К са по-големи от разбирането N и опасността от риск се надценява като

$$\lim_{t \rightarrow \infty} D_a(t) = \infty.$$

- $\varepsilon = 0$, когато според ЛВР (операторите) няма промяна на ситуацията, т.е. $K=N$;
- $\varepsilon < 0$, когато разбирането на процесите $N > K$, т.е. ЛВР правилно разбира причинно-следствения характер на събитията, които могат да доведат до възникване на АП и следователно да изгради хипотеза и разработи решение за противодействие на опасностите.

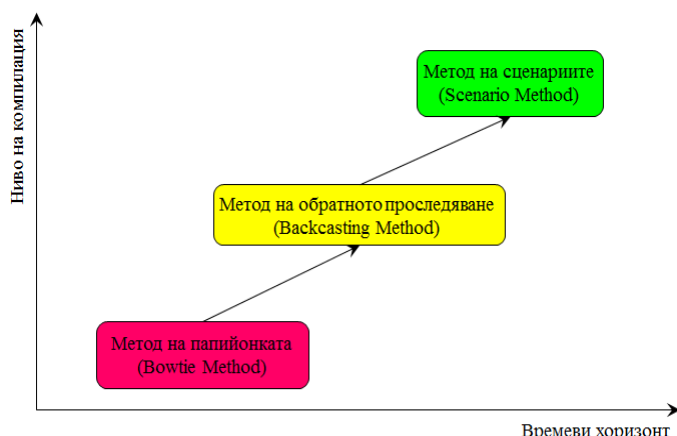
От друга страна, първият случай $\varepsilon > 0$ не е реален. Усложняването идва от факта, че втечняването на товара, което се явява основна причина за намаляване на устойчивостта на кораба, е ограничено от влиянието на различни фактори: граница на влажността, количество на втечнения товар в товарните помещения на кораба, величината на GM, ХМУ, скорост и курс на кораба, спрямо вълните, клатене и др. Всички изброени фактори са функция от оценката на влиянието им върху вероятността за възникване на АС според $\{K,N\}$ на ЛВР.

Словесният алгоритъм за оценка на текущата ситуация в системата КОС с кораба е следният:

- Стъпка 1: Контрол за състоянието и поведението на кораба и системата КОС като цяло, в т.ч. добиване на информация за околната среда, експлоатационните параметри на кораба, явленията, опасностите;
- Стъпка 2: При откриване на опасно явление, проследяване и натрупване на информация за него;
- Стъпка 3: Идентификация на опасното явление и уточняване степента на влиянието му върху кораба и системата;
- Стъпка 4: Ако се проявят явления поради изменение на параметрите на процесите на взаимодействие между елементите на системата КОС, ситуацията е щатна;
- Стъпка 5: Ако се проявят явления поради изменение на режима на функциониране на системата, ситуацията е нещатна;
- Стъпка 6: Ако се появят признаци за откриване на явление и/или признаци въздействието му върху обекта на управление (кораба), ситуацията е екстремна;
- Стъпка 7: Ако явлението има характер на заплаха, т.е. започва и/или се проявяват признаци за негативно въздействие върху кораба, ситуацията е извънредна;
- Стъпка 8: Ако опасността или явлението влезе в контакт и директно засяга кораба, тогава ситуацията е аварийна;
- Стъпка 9: Формализация на вероятността за настъпване на АМС (матрица на риска);
- Стъпка 10: Проследяване развитието на ситуацията, като се използва (13) за нейната оценка;
- Стъпка 11: Ако ситуацията е аварийна или катастрофална, и не е включена в процедурите от системата за УБК, се пристъпва към разработване на сценарий на АМС за вземане на решение на проблема.
- Стъпка 12: Край.

Следващият етап от задачата за оценка на текущата ситуация е „създаването на сценарий за АМС” за оценка на текущата ситуация”.

Създаването на сценарии на АМС е необходимо условие за осигуряването на образност (ви-



Фиг.5. Схема на компилация на методите в методиката „Проекционно моделиране” на АМС.

зия) на текущата ситуация и възможност за извършване на оценка на вероятността от риск за възникване на аварийно събитие. В съответствие с изискванията на системния анализ, сценариите на АМС трябва да отговарят на следните критерии: 1. *Реализъм*; 2. *Релевантност*; 3. *Алтернативност*; 4. *Последователност*. Не трябва да има противоречия в сценариите – всички действия трябва да съответстват на логиката.

За създаването на сценарий на АМС в дисертационния труд е разработена методика за „проекционно моделиране” (Project Modeling Methodology, PMM) като компилация от три метода (фиг.5): причинно-следственият метод на папийонката (Bowtie Method), метод на

обратното проследяване (Backcasting Method) и метод на сценариите (Scenario Method) във вид на надграждане.

Чрез метода на „папийонката“ се анализират причините за отказите в системата КОС в контекста на негативното въздействие на околната среда върху нейното функциониране и последствията от това въздействие.

Методът на обратното проследяване (Backcasting Method) е реципрочен вариант на метода на прогнозиране (Forecasting Method). Чрез прилагане на „мозъчна атака“, методът, позволява на експертите (ЛВР, операторите) да генерират сценарии на правдоподобни визии за бъдещето на системата, като отговорят на въпроса „Как се е стигнало до това положение?“.

Използването на **метода на сценариите** се прилага за извършване на своеобразно филтриране на възможните събитийни ситуации, касаещи кораба, които могат да генерират АМС в системата КОС и които се интегрират в конкретна, комплексна ситуация. Методът позволява създаването на множество на „приемливото бъдеще“ от $n(n \in \mathbb{N})$ сценарии, въз основа на които, според експертните мнения и допускания, включително на ЛВР, могат да се вземат решения за релевантни действия в създадената ситуация. Този метод е заключителен етап на методиката „проеекционно моделиране“ за създаване на сценарий на АМС с кораби, превозващи товари, склонни към втечняване (фиг.6).

Трябва да се отбележи, че предложената методика осигурява логични и правдоподобни резул-



Фиг.6. Принципна схема на сценарий на АМС в резултат на отказ в обекта на управление на системата КОС: а) въздействие върху обекта на управление; б) вариативни възможности за отказ; в) АМС – загуба на устойчивост, обръщане и потъване на кораба.

тати, а не точни, защото самата тя е производна от съставлящите я вероятностни методи. Също, поради използването на експертни знания и оценки на всички етапи от разработването на сценарии на АМС, в методиката за „проеекционно моделиране“ се изисква отчитане на човешкия фактор. Това се налага защото действията на операторите могат да повлияят както на причините, така и на честотата на възникване на дадено събитие. Те могат да се осъществят преди, по време или след събитието. Затова методологията на разработването на сценарии на АМС очаквано включва знанията и разбирането на ЛВР и операторите за процесите в изследваната система под формата на покомпонентни оценки с евристичен, логичен и физически характер. На това основание е построен алгоритъмът за формиране на сценарий на АМС за оценка на риска при възникване на аварийни ситуации:

Етап 1:

Стъпка 1.1 – въведение. Дефиниране на изследваното събитие;

Стъпка 1.2 – определяне на идентификационните характеристики на участващите в изследваното събитие субекти;

Стъпка 1.3 – описание на условията и обстоятелствата в които се развиват събитията, в т.ч. при които се провеждат товаро-разтоварните работи, транспортабилни свойства на товара според изискванията на IMSBS Code, готовност на кораба за приемане на товара, комплектация и компетентност на екипажа и т.п.;

Стъпка 1.4 - описание на околната среда: ХМУ в района на събитието; наличие на кораби в района; най-близки пристанища-укрития.

Етап 2:

Стъпка 2.1 – наблюдение за негативни явления;

Стъпка 2.2 – описание на мореходните характеристики на кораба към момента на събитията;

Стъпка 2.3 – идентифициране на източниците на опасност;

Стъпка 2.4 – определяне на вероятните последствия върху кораба от въздействието на източниците на опасност;

Стъпка 2.5 – проследяване на динамиката на развитие на събитията;

Стъпка 2.6 – определяне на стратегията за действия.

Етап 3:

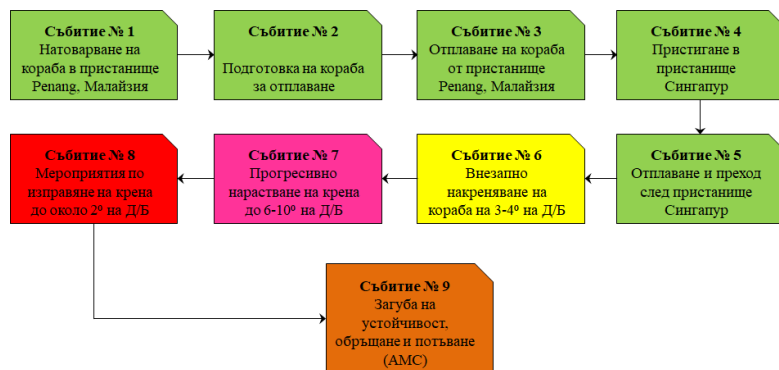
Стъпка 3.1 – графоаналитична формализация на модела и характера на процеса на развитие на АС;

Стъпка 3.2 – изследване и анализ на причинно – следственото въздействие на източника на опасност за развитието на АС;

Стъпка 3.3 – анализ и оценка на решенията и действията на операторите (ЛВР) на кораба до и след възникването на аварийното събитие.

Етап 4:

Стъпка 4 – построяване на сценарий на АМС на основание на информацията получена от предходните етапи, следвайки линията на събитията (фиг.7).



Фиг.7. Линия на събитията при формиране на алгоритъм на сценарий за анализ и оценка на АМС.

За апробация на методиката за оценка на аварийната ситуация е извършен експеримент по действителен случай, свързан с катастрофата на м/к Bright Ruby на базата на данните от разследването [KMST, 2017].

Кратка хронология на събитието

На 28.09.2011 г. корабът пристига в пристанище Пенанг–Малайзия, където започва да товари желязна руда.

На 11.10.2011 г. след като е натоварил 14 094 тона, корабът излиза на рейда за изчакване на подвоза на останалото количество товар.

На 06.11.2011 г. корабът застава отново на кей и продължава товарните операции, които са прекъсвани от чести превалвания.

На 13.11.2011 г. товарните операции са прекратени и корабът отплава за пристанище Rizhao / Китай, с наличното на борда до този момент натоварено количество от 16 992,50 т. желязна руда. Корабът има лек крен към десния борд, който е отстранен с приемането на 200 т. баласт в подпалубен баластен танк (ПБТ) № 5 ляв борд.

Веднага след отплаването започва изкачаване на водата от товарните помещения, образуваща локви по краищата на товара.

На 15.11.2011 г. корабът пристига в Сингапур за бункер и подводно почистване на корпуса от обраствания. На 17.11.2011 г. след приключване на планираните сервизни операции, корабът отплава по направление. През цялото време продължава изхвърлянето на вода от товарните помещения. До датата на инцидента – 21.11.2011 г., са изхвърлени приблизително около 200 тона вода.

На 20.11.2011 г. 90 тона сладка вода са прехвърлени от танк на десен борд в танк на ляв борд, което налага изхвърляне на около 100 тона от приетият на отплаване в Пенанг баласт в ПБТ № 5 ляв борд.

В ранните часове на 21.11.2011 г. времето се влошава. В 09:30 ч.к.в. корабът получава внезапен крен до около 3 – 4 градуса към десен борд, който продължава да се увеличава. Към 11:30 ч.к.в. крена достига 6 – 10 градуса на десен борд. Корабът е насочен срещу вятъра и е взето решение за прием на 200 т. баласт в дънен баластен танк № 5 ляв борд и в ПБТ № 5 ляв борд – до изправяне на крена. Баластните операции са прекратени с приемането на около 140 т. баласт в ПБТ № 5 и намаляване на крена до около 2° към десен борд. Малко след това корабът започва рязко да се накренява на срещуположният ляв борд, което в 14:14 ч.к.в. завършва с бързото му преобръщане.

Идентифициране и оценка на риска в текущата ситуация

Етап 1. Натоварване на кораба в пр. Пенанг

1.1. Приемане на товара на борда:

Опасност – втечняване на влажния товар, сместване, влошаване на устойчивостта на кораба.

Показатели на опасността:

$a_1=1,5$ – неточни показания и липса на сертификат за TML; $\delta_1 = 0,2$;

$a_2=1,7$ – неспазване на процедурите за приемане на товара на борда; $\delta_2 = 0,2$;

$a_3=1,0$ – пропуски при извършване на тестове за влагосъдържание: $\delta_3 = 0,3$;
 $a_4=1,5$ – съществуват отклонения, които могат да нарушат устойчивостта; $\delta_4 = 0,3$.

Коефициент на опасността за кораба

$$\lambda_1 = 0,46$$

Уязвимост

$b_1=1,2$ – наличие на локални водни участъци в част от товарните помещения: $\varphi_1 = 0,15$;

$b_2=1,5$ – минимално намаляване на безопасността; $\varphi_2 = 0,2$;

$b_3=1,0$ – отстъпление от изискванията на кодекса IMSBC; $\varphi_3 = 0,3$;

$b_4=1,7$ – необходими са мерки за запазване на устойчивостта; $\varphi_4 = 0,35$;

Коефициент на уязвимост на кораба

$$v_1 = 0,46$$

Обобщен (интегрален) показател за степента на вероятност за АМП

$$D_{a1} = \lambda_1 \cdot v_1 = 0,21$$

Извод: 1. Ситуацията е нещатна; 2. Нивото на безопасност е понижено. 3. Рискът е приемлив.

Етап 2. Подготовка и отплаване от пр. Пенанг – 13:30 – 15:30 ч. на 13.11.2011 г.

Опасност – влажен товар, наличие на водни участъци по повърхността на товара в част от товарните помещения на кораба, наличие на малък крен към левия борд.

Показатели на опасността:

$a_1=2,0$ – товарът е с неустановена транспортабилност (TML) и видимо мокър; $\delta_1 = 0,2$;

$a_2=1,8$ – има предпоставки за възникване на АС; $\delta_2 = 0,2$;

$a_3=1,8$ – необходимост от действия за осигуряване на безопасността; $\delta_3 = 0,3$;

$a_4=1,5$ – груби отклонения, свързани с отчитане на ХМУ; $\delta_4 = 0,3$.

Коефициент на опасността за кораба

$$\lambda_2 = 0,58$$

Уязвимост

$b_1=1,1$ – наличие на локални водни участъци в част от товарните помещения: $\varphi_1 = 0,15$;

$b_2=2,3$ – наличие на устойчив крен към ляв борд; $\varphi_2 = 0,2$;

$b_3=1,1$ – наложителна е временна промяна на експлоатационния режим; $\varphi_3 = 0,3$;

Коефициент на уязвимост на кораба

$$v_2 = 0,49$$

Обобщен (интегрален) показател за степента на вероятност за АМП

$$D_{a2} = \lambda_2 \cdot v_2 = 0,28$$

Извод: 1. Ситуацията е нещатна; 2. Нивото на безопасност е понижено. 3. Рискът е приемлив.

Етап 3. Пристанище Сингапур, приемане на гориво и отплаване: 15.11 - 18.11.2011 г.

Опасност – влажен до мокър товар в товарните помещения на кораба, отсъствие на крен, ХМУ – благоприятни.

Показатели на опасността:

$a_1=0,8$ – товарът е с неустановена транспортабилност (TML) и видимо мокър; $\delta_1 = 0,2$;

$a_2=2,0$ – има предпоставки за възникване на АС; $\delta_2 = 0,2$;

$a_3=1,5$ – неотчетена опасността от втечняване на товара; $\delta_3 = 0,3$;

$a_4=2,3$ – неотчетена фактическата устойчивост на кораба; $\delta_4 = 0,3$.

Коефициент на опасността за кораба

$$\lambda_3 = 0,57$$

Уязвимост

$b_1=1,8$ – наличие на водни участъци и каша в част от товарните помещения: $\varphi_1 = 0,15$;

$b_2=2,5$ – необходимост от действия за недопускане на втечняване на товара; $\varphi_2 = 0,2$;

$b_3=2,8$ – наложителна е временна промяна на експлоатационния режим; $\varphi_3 = 0,3$;

$b_4=1,7$ – налагат се мерки за предотвратяване намаляването на крена; $\varphi_4 = 0,35$;

Коефициент на уязвимост на кораба

$$v_3 = 0,74$$

Обобщен (интегрален) показател за степента на вероятност за АМП

$$D_{a3} = \lambda_3 \cdot v_3 = 0,42$$

Извод: 1. Ситуацията е екстремна; 2. Нивото на безопасност е неудовлетворително. 3. Рискът е значителен.

Етап 4. Преход от пр. Сингапур за Китай. Начало 18.11.2011 г. – край 14:14 часа на 21.11.2011

Опасност – влажен до мокър товар в товарните помещения на кораба, отсъствие на крен, ХМУ – благоприятни от началото на прехода, щормово време на 20.11.2011 г.

Показатели на опасността:

$a_1=2,0$ – товарът е видимо мокър; $\delta_1 = 0,2$;

$a_2=2,5$ – накреняване към десен борд, предпоставки за възникване на АС; $\delta_2 = 0,2$;

$a_3=2,2$ – повишаване на крена, масово втечняване на товара; $\delta_3 = 0,3$;

$a_4=2,5$ – неотчетена фактичестката устойчивост на кораба; $\delta_4 = 0,3$.

Коефициент на опасността за кораба

$\lambda_4 = 0,77$

Уязвимост

$b_1=2,2$ – наличие на водни участъци и каша в товарните помещения; $\varphi_1 = 0,15$;

$b_2=2,2$ – необходимост от действия за недопускане на масово втечняване на товара; $\varphi_2 = 0,2$;

$b_3=2,5$ – наложителна е промяна на експлоатационния режим; $\varphi_3 = 0,3$;

$b_4=2,8$ – налагат се мерки за предотвратяване намаляването на крена; $\varphi_4 = 0,35$;

Коефициент на уязвимост на кораба

$v_4 = 0,83$

Обобщен (интегрален) показател за степента на вероятност за АМП

$D_{a4} = \lambda_{43} \cdot v_{43} = 0,64$

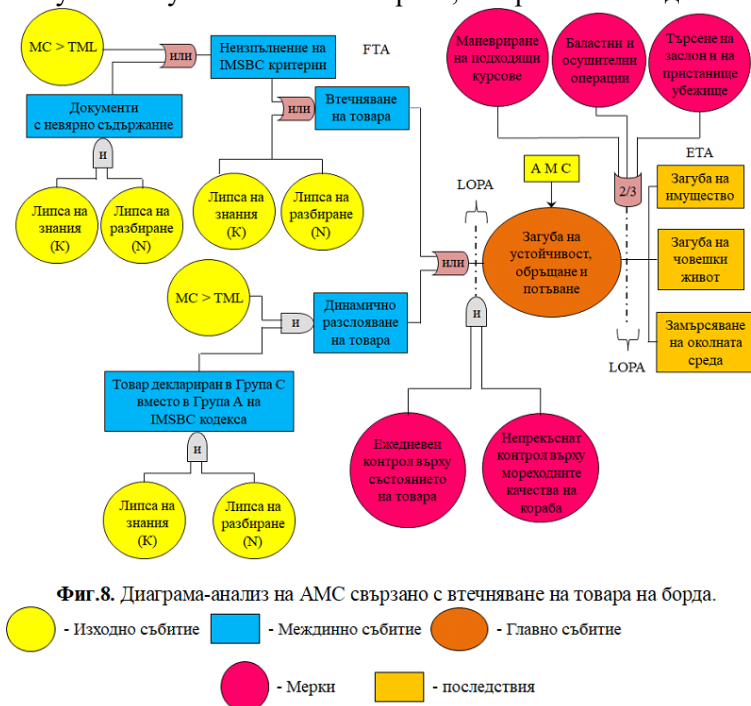
Извод: 1. Ситуацията е извънредна; 2. Нивото на безопасност е опасно. 3. Рискът е недопустим.

Използвайки резултатите от направения по-горе анализ на събитията може прилагайки модела на Malthus да се извърши изследване на вероятността за реализиране на опасността и риска от възникване на АМП от ситуацията по време на етап 3 ($D_{a3}=0,42$) до етап 4 ($D_{a4}=0,64$) за периода от 09:30 ч. на 20.11.2011 г. до 11:30 ч. на 21.11.2011 г., общо 24 часа

$$\varepsilon = (\ln 0,64 - \ln 0,42) / 24 = 0.018 > 0$$

Функцията е растяща, т.е. ситуацията се развива в посока на възникване на АМП.

Направеният анализ на опасностите, риска и нивата на безопасност на кораба за периода от натоварването му в пр. Пенанг до катастрофата му по време на прехода до Китай, позволява да се изгради сценарий на АМС. За установяването на причинно-следствения характер на събитията, довели до загубата на устойчивост на кораба, се прилага методът на „папийонката“ (фиг.8).



Следвайки хронологията на събитията могат да се направят следните изводи:

- капитанът на кораба не е прекратил товаренето след като е констатирал, макар и визуално, голямата влажност на товара и не е поискал от товароизпращача да му представи изчерпателна информация, съгласно предписанията на Правило 2, Глава VI на конвенцията SOLAS'74, както е изменена и Секция 4 на IMSBC кодекса;

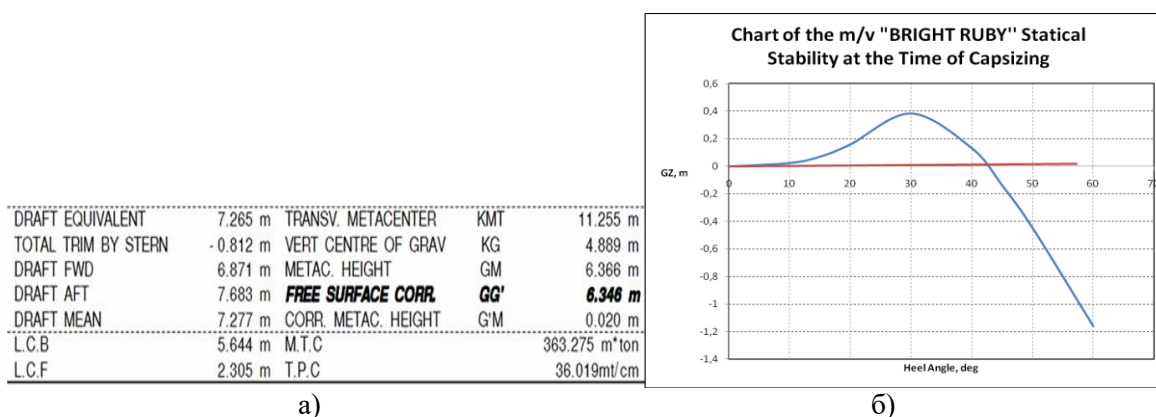
- капитанът на кораба не е организиран извършването на „can test“ на образец взет от товара, който се подава за натоварване на кора-

ба, съгласно изискванията на Секция 8 на IMSBC кодекса и не е поискал да му бъде предоставен документ, указващ TML на товара към момента на натоварването;

- капитанът е допуснал отплаване на кораба от пр. Пенанг с крен, причините за който не са били установени;

- устойчивостта на кораба не е била проверена както преди отплаването на кораба, така и не е била установена по знак и величина след внезапното му наклоняване на 20.11.2011 г. В резултат от извършените разчети при разследването на катастрофата с кораба, е установено, че началната му метацентрична височина, при условията на втечняване на товара и влиянието на свободната повърхност на втечнения товар, тя е била 0,02 метра.

С помощта на Центъра по хидро-и аеродинамика (ИМСТЦХА), на базата на данните от разследването, е построена диаграмата на устойчивостта на кораба (фиг. 9, б) от която е видно (червената линия), че тя е била почти нулева. При тези значения на GM е невъзможно корабът да противостои на въздействието на вятъра или на вълнението.



Фиг. 9. Диаграма на устойчивостта на м/к Брайт Руби в пр. Пенанг

Оценката на риска, съгласно предложените количествени критерии и направените по-горе разсъждения (анализи), може да се оцени на ниво „недопустим“.

Развитието на аварийните ситуации може да се представят като варианти от няколко отделни събития, които, както самостоятелно, така и във вид на еволюиращ процес от няколко сценария на АМС могат предизвикат АМП. Тяхното проследяване позволява генериране на сценарии в търсенето на отговора „защо се е случило аварийното събитие“.

Вариант на сценарий, описващ най-екстремната ситуация, възникнала в периода от 09:30 ч.к.в. до 14:14 ч. на 21.11.2011 г., в линеен порядък по метода на обратното проследяване е показан в табличен вид по-долу (табл.6).

A₁ – наклоняване на кораба към левия борт след натоварването му;

A₂ – наклоняване на кораба на 3⁰ – 4⁰ към десния борт по време на прехода с последващо увеличаване на крена до 6⁰ – 10⁰ след отплаване от пр. Сингапур и влошаването на ХМУ;

A₃ – прехвърляне на крена от десния борт към левия борт след прекратяване на откреняването и преобръщане на кораба.

На всички разработени варианти на аварийни сценарии са направени съответните графоаналитични анализи.

В настоящия труд (автореферата) се разглежда само сценарият А3, като специфичен случай.

Анализ на събитие А3

Времеви период 10:30 ч.к.в. – 14:14 ч.к.в. на 21.11.2011 г.

Хронология на събитието: От 10:30 ч.к.в. до 11:30 ч.к.в. на 21.11.2011 г. въпреки предприетите действия, кренът е продължил да се увеличава и достига 10⁰ към десния борт на кораба. Предполагамата причина за това е увеличаването на отрицателната устойчивост на кораба вследствие на продължаващото масово втечняване на товара. В опит да прекъсне или да забави този необратим процес, капитанът на кораба променя курса и скоростта на кораба, за да намали въздействието на ударите на вълните по корпуса и клатенето му. В същото време започва приемане на 200 тона морска вода в ДБТ № 5 и ПБТ № 5 на левия борт.

В резултат от предприетите действия корабът започва да се изправя и кренът му към 14:00 ч.к.в. на 21.11.2011 г. намалява до 2⁰ към десния борт. Тогава капитанът на кораба, вероятно стигайки до заключението, че отрицателната устойчивост е ликвидирана, взема решение да прекрати приема-

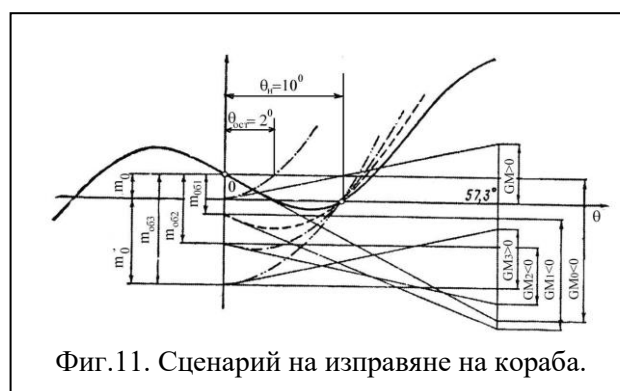
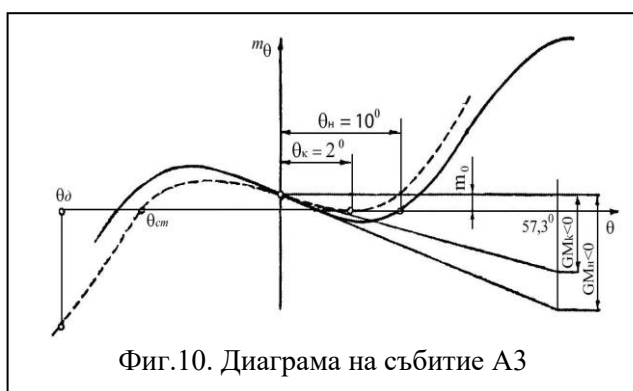
нето на баласт, който към него момент е около 140 тона от предвидените 200 тона и то приети единствено в ПБТ № 5 ляв борд.

Таблица 6. Хронология на събитията до АМП.

№	Дата и час	Време до АМС	Събитие	Действия	Резултат	Причина
1	21.11.2011 14:14 ч.к.в.	00:00	Преобръщане през левия борд и потъване на кораба	Отсъстват	Потъване на кораба	Загуба на устойчивост
			Изправяне на крена до към 2° на д.б.	Към този момент приети до около 140 t баласт в ПБТ № 5 л.б.	Намаляване на МЦ височина	Повишаване на ЦТ
2	21.11.2011 11:30 ч.к.в.	02:44	Увеличаване на крена до към $6^\circ - 10^\circ$ към д.б.	Приемане на решение за баластиране с 200 t морска вода в ДБТ № 5 и ПБТ № 5. л.б.	Намаляване на клатенето на кораба	Щурмуване на подходящ курсови ъгъл спрямо фронта на вълнението
				Насочване на кораба срещу вятъра.		
3	21.11.2011 10:30 ч.к.в.	03:44	Постепенно увеличаване на крена.	Замерване на баластни танкове и санини.	Без аномалии	-
4	21.11.2011 09:30 ч.к.в.	04:44	Внезапно наклоняване на кораба на $3^\circ - 4^\circ$ към д.б.	1.Прехвърляне на 90 t прясна вода от д.б. в цистерната за прясна вода на л.б. 2.Изхвърляне на 100 t вода от баласта на д.б.	Задържане на крена	Преместване на товара в резултат на втечняване

В 14:14 ч.к.в. на същия ден корабът изведнъж рязко се наклонява към левия борд, преобръща се и потъва.

Ситуации от този тип са най-опасният вариант по който може да се развият дадени АС. Те могат да възникнат при определени условия от събитие А2 при по-голям изправящ момент ($m_{изп} > m_0$) или от събитие А1, като резултат от допълнително появилият се момент от приемането на баласт на левия борд за откреняването на кораба. Причината за това е илюстрирана на фиг.10 във вид на структурна хронология на развитието на АМС, която по графоаналитичен начин обяснява връзката между евристичната, логичната и физическата компоненти на резултатите от решенията на ЛВР и последствията от тях, доразвити в графиката на фиг. 11.



Веднага след като в процеса на възстановяване на устойчивостта в 14:00 ч.к.в. диаграмата на устойчивостта е докоснала оста θ при ъгъл на крена $\theta_k = 2^\circ$, който съответства на неустойчиво положение на равновесие, е започнало прехвърляне (трансбордиране) и наклоняване на кораба към срещуположния борд, в хода на което поради недостатъчен запас от динамична устойчивост е бил достигнат динамическият ъгъл на крена θ_d и корабът се е преобрънал.

За да се избегне това прехвърляне на крена от единия към другия борд е трябвало в процеса на възстановяване на устойчивостта на кораба да се съхрани, както е показано на фиг.11 на диаграма-

та на устойчивостта в интервала на ъглите на крена $0 < \theta < 10^0$ на участък с отрицателни значения на възстановяващите моменти дотогава, докато началната устойчивост на кораба не стане положителна, например $\theta = 2^0$. Това е можело да се постигне чрез постепенно намаляване в процеса на възстановяване на устойчивостта на началния кренящ момент m_0 за сметка на прилагане на противоположни по знак обезпечаващи моменти m_{i06} чрез прехвърляне на щатни течни товари или приемане на баласт в баластните танкове към страната на накрения борд (десния), а не към левия борд, както е постъпил капитанът на кораб. Достатъчно за безопасното изправяне на кораба би било да се приложи обезпечаващ момент $m_{06} = -m_0$. Тогава в края на възстановяването на устойчивостта кренът е можело да бъде напълно изправен.

Ако моментът m_0 е неизвестен, величината на обезпечаващите моменти трябва да се подбират такива, щото в процеса на възстановяване на устойчивостта кренът да не се променя (фиг.11) или да намалява в неголеми граници. При това в края на възстановяването на устойчивостта m_{063} ще бъде по-голям по значение от m_0 . Остатъчният крен, предизвикан от обезпечаващия момент m_{063} ще бъде компенсиран с прилагане на изправящ момент, равен по величина на m_{06}' .

Изводи от втора глава

1. Разработена е методика за „проеекционно моделиране“ на текущата ситуация в системата КОС, установяваща тенденциите за нейното поэтапното развитие и вероятността за настъпване на АМС.

2. Разработени са структурна схема и математичен модел на системата КОС, който позволява индиректно да се изследва както нейното и на обекта на управление (кораба) текущото състояние, но и създаваните за целта на изследването конкретни ситуации на базата на данните от разследванията на фактически станали АМП.

3. Разработена е модифицирана методика за количествена оценка на риска в текущата ситуация, като функция от знанията и разбиранията на ЛВР за процесите, които могат да предизвикат АС, допълваща приетия от IMO метод FSA.

4. Разработен е алгоритъм за формиране на сценарии на АМС, позволяващ извършване на оценка на текущата ситуация на кораба, като обект на управление в системата КОС, по физически, логични и евристични компоненти.

5. Извършена е верификация на методиката за „проеекционно моделиране“ на текущата ситуация в системата КОС и на модифицирания модел за оценка на риска, чрез прилагане на евристично-вероятностна идентификация и графоаналитична формализация на причинно-следствения характер на събитията, предизвикали загубата на устойчивост на кораба и намаляването на нивото на неговата безопасност.

Методиката е проверена и доказана с използване на програмен продукт на Центъра по хидро- и аеродинамика (ИМСТЦХА-БАН) за оценка на устойчивостта на кораба

В трета глава „Управление на безопасността на корабите при превоз на товари, склонни към втечняване“, са разгледани особеностите на управлението на безопасността на корабите при превоза на този вид товари. Извършена е концептуална формализация и е разработен рационален модел на задачата за приемане на решението, който е експериментиран с примери от практиката.

Свойството на товарите, склонни към втечняване да променят агрегатното си състояние при определени условия по време на транспортирането им по море, прави рискът от възникване на АМП значителен. Поради тази причина, на преден план пред ЛВР се поставят въпросите за качеството на приеманите тях решения за тяхното недопускане или ликвидиране на последствията, ако все пак възникнат.

Някои от особеностите на условията и обстоятелствата при които се налага да се вземат решения за осигуряването на безопасността на корабите са:

Първо: Аварийните ситуации възникват внезапно, непредсказуемо и се развиват с голяма бързина. При тези обстоятелства пред ЛВР и системата за УБК като цяло се поставят за решаване задачи, които са принципино различни от задачите при управлението на кораба в „нормални“ режими на неговата експлоатация.

Второ: При възникване на аварийна ситуация, всички действия за осигуряване или възстановяване на мореходните качества на кораба се извършват на основание на еднолично приетите от капитана на кораба управленски решения.

Трето: Решенията на възникналите проблеми, свързани с безопасността на кораба, се вземат от ЛВР и/или неговите оператори в условията на риск и неопределеност, т.е. частична неопределеност, в която са известни само някои характеристики на алтернативните варианти за някои ситуации, а понякога и вероятностите за тези ситуации.

Рискът е пряка последица от неопределеността на ситуациите, които могат да възникнат по време на фазата на изпълнение на приетото решение, а неопределеността съществува само по отношение на бъдещи ситуации, т.е. това са ситуации, които могат да възникнат вследствие от предприетите действия, които ЛВР не може точно да определи.

Условия на неопределеност възникват в ситуации, в които са известни всички последствия от всички възможни решения, но не е известна тяхната вероятност. Това означава, че изборът на всяка алтернатива може да доведе до един или няколко резултата и отсъства дори стохастична зависимост между алтернативите и изходите от тях.

Алтернативите биват оценявани според предпочитанието на ЛВР. В случая, под „предпочитание“ следва да се разбира интегралната оценка от страна на ЛВР, за качеството на алтернативата. Тя се основава на обективен анализ, базиран на знание, опит и разбиране за същността на проблема и субективна преценка за нейната ефективност. По смисъла на гореизложеното, ЗПР има характер на оптимизационна задача. Тя може да бъде описана, като вариант на кортеж от вида:

$$(S_0, T, R | Z, A, S, K, L, f, A^*) \quad (14)$$

където: S_0 – проблемна ситуация; T – времеви период за приемане на решение; R – налични ресурси за решение на проблема; $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$ – множество от цели, които трябва да се постигнат; $A = (A_1, A_2, \dots, A_m)$ – множество от алтернативни варианти на решения (алтернативи); $S = (S_1, S_2, \dots, S_j)$ – множество от ситуации, възникващи вследствие на прилагане на алтернативите; $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$ – множество от критерии за избор на оптимален вариант на решение; $L = (L_1, L_2, \dots, L_l)$ – множество от ограничения; f – функция на предпочитанията на ЛВР; A^* – оптимално решение (алтернатива).

Така представеното съдържание на ЗПР чрез кортежа (14) позволява да се определят някои характерни особености, които трябва да се вземат предвид при подхода за нейното решаване:

Първо, неизвестните елементи на ЗПР за изход от определена аварийна ситуация (Z, A, S, K, L, f, A^*), възникнала на кораба, като обект на управление, имат преди всичко описателен характер и само частично могат да се определят с количествени показатели.

Второ, определянето на неизвестните елементи в задачата и, в крайна сметка, изборът на най-доброто решение, не могат напълно да се формализират, защото не съществуват методи и алгоритми, позволяващи в достатъчна степен на достоверност, тяхното качествено или количествено детерминране.

Трето, елементите на задачата се описват с характеристиките им, част от които могат да бъдат количествено описани, а други – да се представят субективно с качествени показатели.

Четвърто, в редица случаи се налага ЗПР да се решава в условията на частична неопределеност, обусловена от непълнота на информацията за проблемните ситуации и невъзможност за достатъчно точна прогноза на очакваните последствия. В такива случаи наред с логичните съждения, важно значение имат интуицията и опитът на ЛВР.

Пето, приеманите решения могат непосредствено да засягат интересите на ЛВР и експертите и това да ги мотивира за техния избор.

Посочените особености подчертават различието на методиката за решаване на ЗПР от операторите на кораба в условията на неопределеност, като логико-евристичен и интуитивен процес, от решаването на каквато и да е математическа задача, за намиране на оптимално решение на каквото и да е уравнение с няколко неизвестни.

Формално, процесът на намиране на решение на ЗПР, се описва като последователност от логични операции (фиг. 12):

$$A^* \subseteq A_E \subseteq A_D \subseteq A_i \quad (15)$$



Рационалният модел за решаване на ЗПР включва систематичен или логико-вероятностен подход, при който ЛПР оценява всички възможни алтернативи, избирайки тази, която ще доведе до най-благоприятен изход. Извършва се на основание на функцията предпочитание (f) на ЛВР, която е производна на неговия домейн (Δ) и критерии, произтичащи от „добрата морска практика“ на базата, най-малко на някой от трите метода за управление на безопасността на кораба:

1. Методи, основани на интуицията на ЛВР. Интуицията в случая е неговата способност, без да се ползва от логиката, бързо да схваща особеностите на текущата ситуация и да взема решения. Този метод на вземане на решения се използва в ситуации с висока степен на неопределеност, но не винаги е успешен.

2. Методи, основани на управленски опит. Тези методи се базират на знанията и натрупания собствен опит на ЛВР при избора на вариант за решение.

3. Методи на логиката. Те са основани на обективния анализ и логически съждения, базирани на знанията и разбирането на процесите, определящи нивото на риска в текущата ситуация. В допълнение се прилага методът „дърво на решенията“, за оценка на причинно-следствения характер на очакваните ситуации от приетото решение.

Изборът на оптималната алтернатива при решаването на ЗПР се извършва с помощта на „матрица на решенията“ (табл.7).

Използваните означения в матрицата на решенията са както следва:

- p_j - характеризира вероятността от сбъждане на всяка една от възможните ситуации S_j . Оценява се експертно. В случаите, когато времето за вземане на решение е твърде ограничено, каквито са проблемните ситуации предизвикани от втечняване на товара, вероятността от сбъждане на ситуациите се оценява на базата на знанията, опита и разбиранията на ЛВР;

- w_k - теглови коефициенти, отразяващи относителната важност на поставените цели. Определя се на базата на сравняване на целите по двойки. При наличието на време за вземане на решение се определя експертно, а при липса на такова – еднолично от ЛВР;

Табл. 7. Матрица на решенията.

	S_1				...			S_j		
	p_1							p_i		
	Z_1 w_1	Z_2 w_2	...	Z_k w_k	...	...	...	Z_1 w_1	...	Z_k w_k
A_1	$h_{1,1}(z_1, S_1, a_1)$	$h_{1,2}(z_2, S_1, a_1)$	...	$h_{1,k}(z_k, S_1, a_1)$	...	...	...	$h_{1,1}(z_1, S_j, a_1)$	...	$h_{1,k}(z_k, S_j, a_1)$
A_2	$h_{2,1}(z_1, S_1, a_2)$	$h_{2,2}(z_2, S_1, a_2)$	...	$h_{2,k}(z_k, S_1, a_2)$	...	...	...	$h_{2,1}(z_1, S_j, a_2)$	...	...
A_3	$h_{3,1}(z_1, S_1, a_3)$	$h_{3,2}(z_2, S_1, a_3)$	...	$h_{3,k}(z_k, S_1, a_3)$	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A_m	$h_{i,1}(z_1, S_1, a_m)$	$h_{i,2}(z_2, S_1, a_m)$	...	$h_{i,k}(z_k, S_1, a_m)$	...	...	...	$h_{i,j}(z_1, S_j, a_m)$	...	$h_{i,k}(z_k, S_j, a_m)$

- $h_{i,k}(z_k, S_j, a_m)$ – оценка за полезността и нивото на ефективност на алтернативите. Определят се на базата на функцията на предпочитанията $f(Z_k, S_j, A_m)$ на ЛВР. Смисълът е, че ако се приложат определени алтернативи (A_m) за постигане на поставени цели (Z_k), вследствие на което могат да настъпят определени ситуации (S_j), това ще доведе до конкретни резултати $h_{i,k}(z_k, S_j, a_m)$. В случая (m) е броят на алтернативите, (j) е броят на ситуациите, а (k) е броят на поставените цели.

Останалите обозначения бяха разгледани по-горе.

Съществуват три вида стратегии при избора на оптимална алтернатива за решение на ЗПР в условията на риск и неопределеност: песимистична, оптимистична и рационална. При песимистичната стратегия, водещ принцип е да се изхожда от най-лошото стечение на обстоятелствата. Обратно, при оптимистичната стратегия, водещ принцип е да се разчита на най-доброто стечение на обстоятелствата. При рационалната стратегия се разчита на най-вероятното стечение на обстоятелствата. Изборът на стратегия се реализира от ЛВР на базата на характера на проблемната ситуация и поставените цели. Той зависи и от индивидуалните особености на начина на мислене на ЛВР, от знанията му за и от осъзнаването на проблема, свързан с проблемната ситуация. Не на последно място, изборът на стратегия зависи от неговата психологична устойчивост и адаптивност в ситуации на риск и неопределеност.

На всяка стратегия съответстват критерии за намиране на оптимално решение. Такива са критериите на Лаплас, Валд и Хурвиц.

1) Критерий на Валд, наричан още „минимаксен“, отразява абсолютния песимизъм и консерватизъм при решаване на ЗПР. При него, за оптимална се избира най-добрата от най-лошите алтернативи,

$$A_{\text{opt}} \Rightarrow \max \min A_{xy} \quad (16)$$

където: $(x = 1, 2, \dots, m); (y = 1, 2, \dots, j)$.

2) Критерий на Лаплас се прилага при еднакви вероятности на алтернативите. Според критерият, когато не е налична друга информация, всички възможни алтернативи са равно вероятни. С този критерий, изборът на оптимална алтернатива (A_{opt}) се измества от състояние на строга несигурност, към състояние на риск.

$$A_{\text{opt}} = \max \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M A_{xy} \quad (17)$$

където: M – количество на ситуациите.

3) Критерий на Хурвиц, наричан още критерий на песимизма-оптимизма, предлага балансиран вариант за избор на оптимална алтернатива (A_{opt}) измежду максимално песимистичните и максимално оптимистичните такива. Това се постига чрез претегляне на максимално песимистичните и максимално оптимистичните алтернативи с коефициенти на оптимизъм, съответно (α) и $(1 - \alpha)$, (3.4).

$$A_{\text{opt}} = \max \{ \alpha \max_{xy} + (1 - \alpha) \min A_{xy} \} \quad (18)$$

където: α - коефициент на оптимизъм $(0 < \alpha < 1)$.

При стойност на коефициента $\alpha = 0$, ситуацията се разглежда като напълно антагонистична. При стойност $\alpha = 1$, ситуацията е максимално благоприятна, а при $\alpha = 0.5$, обстановката е равностойна - нито антагонистична, нито благоприятна.

Алгоритъмът за вземане на решение е по същество съдържателното описание на ЗПР и може да се представи като подреден набор от формални и неформални процедури. Тези процедури позволяват нейното структурно рационализиране и избор на методи, въз основа на които да се извършва търсенето и приемането на оптималното решение. Така, прилагайки логико-вероятностния подход, може да се построи модел на алгоритъм за решаване на ЗПР. Алгоритъмът включва следните етапи, които се формират в няколко структурно определящи групи.

Първата група е свързана с наблюдение и разкриване на негативното явление, представляващо опасност за кораба. Следва проследяване на неговото развитие, анализ и оценка на риска за кораба, ако се реализира.

Втората група са: 1. формулиране на проблема; 2. определяне на целите; 3. формиране и анализ на алтернативите.

Третата група е свързана с разработване на сценарии от възможни ситуации и построяване на „матрица на решенията“.

Четвъртата група е изборът на оптимална алтернатива (решение на ЗПР).

За верификация на така предложената методика за приемане на решение в условията на риск и неопределеност се прилага методът на „конкретните ситуации“ (case study).

Избраният метод на конкретните ситуации (МКС) е интерактивен метод, предназначен за усъвършенстване на навиците и придобиване на умения за решаване на проблеми, анализи на информации (осмисляне на детайлите, описани в ситуациите), оценки на алтернативи и вземане на решения.

За апробация на методиката в дисертационния труд се разглежда случаят с аварийното събитие на моторен кораб Nasco Diamond и решенията, които приема ЛВР за предотвратяване на катастрофата на кораба и спасяването на екипажа.

Предложените варианти на алтернативи за предотвратяване на катастрофата и спасяване на екипажа са на базата на експертните оценки на 6 морски специалисти (капитани на кораби) ($E_1, E_2, \dots, E_6$), направени чрез експертна анкета в Центъра за професионално обучение при „Параходство БМФ“ АД.

Въведение

Моторният кораб за насипни товари Nasco Diamond (IMO:9467861), на 4 ноември 2010 г. в 12:30 ч., след като натоварва 55150 тона никелова руда, отплава от пристанище Колонодале, Индонезия за Китай.

В 11:11 ч. на 09.11.2010 г. корабът внезапно се наклонява на 3^0 до 5^0 към левия борт и не се връща в изправено положение. Плаването на кораба продължава при наличието на постоянен крен, а клатенето на кораба е несиметрично спрямо двата борда.

Изводи от анализа и оценката на ситуацията

Вследствие на огледа на кораба, условията и обстановката в района на плаване е констатирано:

1. Наличие на процес на втечняване на товара в товарни помещения номера 1, 4 и 5.
2. Накреняването на кораба е резултат на сместване на втечнения товар в товарни помещения номера 1, 4, и 5, поради което натоварването на кораба се е оказало несиметрично спрямо диаметралната равнина на кораба.
3. Хидрометеорологичните условия в района на плаването и втечненото състояние на товара могат да доведат до увеличаване на крена и обръщане на кораба, ако не се предприемат действия за отстраняване на опасността

Формулиране на проблема.

Проблемът е свързан с влошаване на мореходното състояние на кораба и възникване на опасност от обръщането му, в случай че накреньването на кораба продължи.

1. Определяне на причините за възникване на проблема:

- основна причина за аварийното събитие е втечняване на товара;
- непосредствена причина за накреньването на кораба е сместването на товара и влиянието на големите свободни повърхности на втечнения товар, които са се образували в товарните помещения на кораба. Да се раздели тяхното влияние в момента на оценката на текущата ситуация е практически невъзможно или най-много би било хипотетично.

Формулиране на целта пред бъдещите алтернативи за решаване на проблема.

В случая, ЗПП за решаване на проблема с влошеното мореходно състояние на кораба е многоцелева. Тя включва следните цели:

Цел № 1 (Z_1): Недопускане на увеличаване на крена на кораба;

Цел № 2 (Z_2): Изправяне на крена на кораба;

Цел № 3 (Z_3): Възстановяване на устойчивостта на кораба

Забележка: най-често с изправянето на кораба се постигат едновременно цел № 2 и цел № 3.

В същото време, в случай, че състоянието на устойчивостта на кораба остава неизвестно, цел № 1 може да бъде единствено вярното решение.

Оценката на тежестта на формулираните цели се извършва чрез тяхното сравняване по двойки (табл. 7.1 – табл. 7.6). Всеки експерт приоритетно класира поставените цели, като за целта прилага числово представяне

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ ако } Z_i \geq Z_j \\ 0, \text{ ако } Z_i < Z_j \end{cases} \quad (i, j = 1, k) \quad (19)$$

където: Z_i – формулирани цели;

C_{ij} – аргумент, изразяващ функцията на предпочитания на ЛПП, относно формулираните цели;

k – брой на формулираните цели;

$E_1 \rightarrow Z_3 \geq Z_2 \geq Z_1$; $E_2 \rightarrow Z_2 \geq Z_3 \geq Z_1$; $E_3 \rightarrow Z_1 \geq Z_2 \geq Z_3$; $E_4 \rightarrow Z_3 \geq Z_2 \geq Z_1$;

$E_5 \rightarrow Z_3 \geq Z_2 \geq Z_1$; $E_6 \rightarrow Z_1 \geq Z_3 \geq Z_2$.

Табл. 7.1. Сравняване на целите по двойки от експерт № 1 (E_1).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	1	1
Цел № 2 (Z_2)	0	1	1
Цел № 3 (Z_3)	0	0	1

Табл. 7.2. Сравняване на целите по двойки от експерт № 2 (E_2).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	1	1
Цел № 2 (Z_2)	0	1	1
Цел № 3 (Z_3)	0	1	1

Табл. 7.3. Сравняване на целите по двойки от експерт № 3 (E_3).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	1	0
Цел № 2 (Z_2)	1	1	0
Цел № 3 (Z_3)	1	1	1

Табл. 7.4. Сравняване на целите по двойки от експерт № 4 (E_4).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	1	1
Цел № 2 (Z_2)	0	1	1
Цел № 3 (Z_3)	0	1	1

Табл. 7.5. Сравняване на целите по двойки от експерт № 5 (E_5).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	1	1
Цел № 2 (Z_2)	0	1	1
Цел № 3 (Z_3)	0	0	1

Табл. 7.6. Сравняване на целите по двойки от експерт № 6 (E_6).

	Цел № 1 (Z_1)	Цел № 2 (Z_2)	Цел № 3 (Z_3)
Цел № 1 (Z_1)	1	0	0
Цел № 2 (Z_2)	1	1	1
Цел № 3 (Z_3)	1	0	1

Резултатите от сравняването по двойки на шестимата експерти е представено чрез сумиране на матриците от таблици от 7.1 до 7.6, с последващо изчисляване на тежестта на целите (табл. 7.7).

Табл. 7.7. Изчисляване на тежестта на целите.

	Цел № 1 (Z ₁)		Цел № 2 (Z ₂)		Цел № 3 (Z ₃)		Σ D = (A+B+C)
	(A)		(B)		(C)		
Цел № 1 (Z ₁)	6		5		4		
Цел № 2 (Z ₂)	2		6		5		
Цел № 3 (Z ₃)	2		3		6		
Σ	10		14		15		39
w	w ₁ =A/D	0.26	w ₂ =B/D	0.36	w ₃ =C/D	0.38	1

Определяне на алтернативите за постигане на целите.

1. Определяне на наличните ресурси за решаване на проблема.

1.1. Корабът разполага с централизирана осушителна система на товарните помещения, с по два сантиметри кладенеца на ляв и на десен борт на всяко от товарните помещения, което дава възможност за изкачаване на отцедената от товара вода. Помпите от осушителната система са с необходимата за целта производителност.

Допълнително корабът разполага с потопяеми помпи.

1.2. Подпалубните баластни танкове по пет на левия и на десния борт с общ обем от 5580 m³ или по 558 m³ всеки, са празни и са в състояние да бъдат използвани за приемане на контрабаласт.

1.3. Дънни баластни танкове, FP (форпик) и AP (ахтерпик), са празни и могат да бъдат използвани за възстановяване и увеличаване на устойчивостта на кораба чрез приемане на баласт.

Извод:

Конструктивните особености и възможностите на техническите системи и средства с които разполага кораба, могат да осигурят разрешаване на проблема с внезапно образувалия се крен на кораба, чрез прилагане на така определените алтернативи за постигане на поставените цели.

Определяне на критериите.

За критерии за оценка на алтернативите е приета пет степенна рангова скала за отчитане на степента на тяхното въздействие за постигане на поставените цели.

Разработване на множество алтернативи.

Крайното множество от алтернативни решения $A = \{A_1, A_2, A_3 \dots A_m\}$ за предотвратяване на катастрофата с кораба и спасяване на екипажа е съставено на база на предложенията направени от експертите, участници в експеримента включен в Приложение 5, (табл.8).

Табл. 8. Отсяване на предложените алтернативи.

Алтернативи	Допустимост	Ефективност
A_1 - Приемане на баласт на десен борт	Допустима	Ефективна
A_2 - Приемане на баласт на ляв борт	Допустима	Ефективна
A_3 - Приемане на баласт	Допустима	Ефективна

A ₄ - Информирание на офиса	Допустима	Неефективна
A ₅ - Информирание и търсене на съдействие от офиса	Допустима	Неефективна
A ₆ - Действане съгласно получени инструкции от офиса	Допустима	Неефективна
A ₇ - Прехвърляне на гориво	Допустима	Ефективна
A ₈ - Промяна на курса за намаляване на бордовото клатене	Не представлява алтернатива	
A ₉ - Промяна на курса и скоростта	Допустима	Ефективна
A ₁₀ - Замери на санини, баласт и други танкове	Не представлява алтернатива	
A ₁₁ - Изхвърляне на вода от левите санини	Допустима	Ефективна
A ₁₂ - Оценка на устойчивостта	Не представлява алтернатива	
A ₁₃ - Търсене на пристанище на убежище	Допустима	Ефективна
A ₁₄ - Проверка на товара в товарните помещения	Не представлява алтернатива	
A ₁₅ - Постоянно наблюдение върху крена	Не представлява алтернатива	

Резултат:

1. Пет от разгледаните алтернативи - A₈, A₁₀, A₁₂, A₁₄ и A₁₅, на практика не предлагат решение.
2. Неефективни са – A₄, A₅ и A₆.
3. Ефективни алтернативи от които трябва да се избере оптималната са A₁, A₂, A₃, A₄, A₅ и A₆. Изборът се извършва на експертно ниво в балове, според степента им на въздействие за постигане на целите (табл.9).

Табл. 9. Експертна оценка на въздействието на алтернативите.

Експерт Алтернатива	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	Ранг
A ₁	5	4	4	4	5	4	4
A ₂	5	5	5	5	5	5	5
A ₃	2	3	1	4	3	3	3
A ₄	1	1	3	2	2	2	2
A ₅	3	4	4	3	4	4	4
A ₆	5	5	5	5	5	5	5

Оценката за въздействието на алтернативите се изчислява чрез намиране на медианите на резултатите включени в табл. 9.

A ₁	- 4 x 4 + 2 x 5	→ 4, 4, 4, 4, 5, 5	⇒ A ₁ се оценя на 4 бала
A ₂	- 6 x 5	→ 5, 5, 5, 5, 5, 5	⇒ A ₂ се оценя на 5 бала;
A ₃	- 1 x 1 + 1 x 2 + 3 x 3 + 1 x 4	→ 1, 2, 3, 3, 3, 4	⇒ A ₃ се оценя на 3 бала;
A ₄	- 2 x 1 + 3 x 2 + 1 x 3	→ 1, 1, 2, 2, 2, 3	⇒ A ₄ се оценя на 2 бала;
A ₅	- 2 x 3 + 4 x 4	→ 3, 3, 4, 4, 4, 4	⇒ A ₅ се оценя на 4 бала;
A ₆	- 6 x 5	→ 5, 5, 5, 5, 5, 5	⇒ A ₆ се оценя на 5 бала;

Разработване на множество от възможни ситуации и построяване на матрица на решенията.

В резултат на прилагане на предложените от експертите алтернативи е възможно възникване на следните ситуации:

Ситуация № 1 (S₁) - изправяне на кораба;

Ситуация № 2 (S₂) - изправяне на крена кораба и повишаване на неговата устойчивост;

Ситуация № 3 (S₃) - удържане на крена на кораба и недопускане на неговото по-нататъшно увеличаване.

За оценка на вероятността за реализиране на посочените ситуации, се използват условни показатели, аналогични на тези за сбъждане на риска, посочени в Глава 2, използвани най-често в системите за УБК на повечето корабни компании. Резултатите от оценките на експертите са посочени в таблици 10.

Таблица 10. Експертни оценки на вероятностите за реализиране на ситуацияите

Експерти	Експерт 1			Експерт 2			Експерт 3		
Ситуация	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂	S ₃
Алтернат.									
A ₁	5	1	5	5	2	5	5	2	5

A ₂	5	5	5	5	5	3	5	5	5
A ₃	2	3	3	3	3	3	4	4	4
A ₄	4	2	4	3	4	2	4	2	4
A ₅	1	3	2	2	4	1	5	4	4
A ₆	1	1	4	3	1	4	1	1	4

Експерти	Експерт 4			Експерт 5			Експерт 6		
Ситуация	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂	S ₃
Алтернат.									
A ₁	5	2	5	5	3	5	5	3	4
A ₂	5	5	5	5	5	5	5	5	5
A ₃	3	2	3	2	3	3	3	2	4
A ₄	4	1	4	2	2	4	2	2	4
A ₅	4	4	5	5	4	2	4	4	3
A ₆	1	1	3	1	2	3	1	2	4

Построяване на матрица на решенията.

Изхождайки от пресметнатите стойности за тежестта на формулираните цели, оценката за въздействието на алтернативите за тяхното постигане и на вероятността за реализиране на възможните ситуации от прилагането на въпросните алтернативи, на базата на функцията на предпочитанията $f(Z, A, S)$ се построява матрицата на решенията (табл. 11).

Табл. 11. Матрица на решенията.

	S ₁ p=3,3			S ₂ p=2,8			S ₃ p=3,4		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
	w=0.26	w=0.36	w=0.38	w=0.26	w=0.36	w=0.38	w=0.26	w=0.36	w=0.38
A ₁ =4	3.43	4.75	5.02	2.91	4.03	4.26	3.54	4.9	5.17
A ₂ =5	4.29	5.94	6.27	3.64	5.04	5.32	4.42	6.12	6.46
A ₃ =3	2.57	3.56	3.76	2.18	3.02	3.19	2.65	3.67	3.88
A ₄ =2	1.72	2.38	2.51	1.46	2.02	2.13	1.77	2.45	2.58
A ₅ =4	3.43	4.75	5.02	2.91	4.03	4.26	3.54	4.9	5.17
A ₆ =5	4.29	5.94	6.27	3.64	5.04	5.32	4.42	6.12	6.46

Избор на оптимална алтернатива.

В извършената оценка на формулираните цели, за цел с най-голяма тежест е определена Z₃ - възстановяване на устойчивостта на кораба. Поради тази причина, матрицата на решенията се стеснява до рамките на получените стойности за Z₃ и прилагане на критериите на Лаплас, Валд и Хурвиц:

- по критерий на Валд оптималните алтернатива са две : A₂ = A₆ = 5,32

- оптималните алтернативи по критерия на Лаплас са две: A₂ = A₆ = 6.02

- оптималните алтернативи по критерия на Хурвиц, коефициенти на оптимизъм $\alpha = 0,5$ са две: A₂ = A₆ = 5.89

Извод

От оценките по трите критерия, отговорите на алтернативите за постигане на целите на ЗПР за недопускане на евентуална катастрофа в разгледаният пример с м/к Nasco Diamond, съвпадат. Това са:

A₂ - приемане на баласт в ДБТ на Л/Б за увеличаване на устойчивостта и последващо в ПБТ на десен борд, до изправяне на крена;

A₆ - промяна на курса и скоростта на кораба.

Избор на решение

Изборът на някоя от двете алтернативи е на ЛВР според неговите предпочитания въз основата на професионалния му опит, знанията и разбирането му на процесите, предизвикали събитията, които е придобил по време на обучението и кариерното си развитие.

Може да се предположи, че имащият достатъчно опит и разбиране на протичащите процеси и събития оператор ще прецени, че прилагането на всяка една от двете алтернативи поотделно на практика не би могла да има оптимален ефект за решаването на проблема. Комбинираното им прилагане би имало по-оптимален, положителен ефект за безопасността на кораба.

Изводи от трета глава.

1. Направен е сравнителен анализ на особеностите на процесите на управление на корабите в режим на ежедневни (щатни) и в режими на аварийни ситуации.
2. Дефинирани са съображения, на чието основание се прилага концепцията, заложена в теорията за приемане на решения.
3. Извършена е формализация на ЗПР при превозите на товари, склонни към втечняване.
4. Предложен е рационален модел за решаване на ЗПР и е разработен алгоритъм за неговото прилагане.
5. Направена е верификация предложената методика и алгоритъм за решаване на ЗПР в условията на риск и неопределеност.

Четвърта глава, „Методика за подготовка на командния състав на корабите за вземане на решения в аварийни ситуации“, е синтез от решаването на предните две задачи. Акцентът е поставен за формиране в ЛВР (операторите) на умения за оценка и анализи на възникнали аварийни ситуации и навици за вземане на решения за изход от тях.

В традиционната си форма, подготовката на корабните оператори за превоз на склонни към втечняване товари се провежда в рамките на общата система за обучение на екипажите по безопасен превоз на твърди насипни незърнени товари. Предвид обаче, на доказано повишеният риск при превозите на товари, склонни към втечняване, се налага разширяване на програмите за тяхната подготовка и преподготовка. За тази цел в много корабни компании се прилага допълващо обучение (ДО) – вътрешно-фирмено обучение за придобиване и актуализиране на знанията и уменията на операторите за вземане на адекватни решения в условията на риск и неопределеност, каквито обикновено са аварийните ситуации, вследствие на втечняването на този тип товари.

Понастоящем, стандартите за компетентност на морските лица в състава на корабните екипажи, са регламентирани с международни и национални нормативни документи. Отнесени към лицата от управленско ниво, въпросите за тяхната компетентност, свързани с оценката на риска и приемането на решения се разглеждат в допълнителни курсове.

Методиката по която се провежда допълващото обучение се характеризира с това, че се отработва не само алгоритъмът на действие, но се формират и условията (средата) за протичане на управленските процеси. *Първо*, защото в основата на приеманите решения стоят характеристиките на ситуациите (обстановката), при които те се вземат. *Второ*, защото изборът на решение е функция на индивидуално-психологичните особености на самия оператор, изразяващи се преди всичко с неговите знания, умения, навици и опит. По такъв начин чрез допълващото обучение, въпросите за управлението на безопасността на кораба от изискване, както те са заложи от ИМО, стават елемент на компетентност, който трябва да се отработва и доказва.

В методологично отношение допълващото обучение е изградено на принципа на надграждане, който се изразява в следното:

- 1) придобиване на знания;
- 2) разпознаване и разбиране на същността на проблемите;
- 3) изграждане на умения и навици за управление на процесите за разрешаване на проблемите.

Допълващото обучение има характер на учебен процес, който е организиран в три етапа (табл. 12).

Първият етап (Етап 1) от допълващото обучение включва въведение, запознаване с целите и задачите на курса и методологията на провеждане на занятията. Извършва се преглед на международните и на националните нормативни документи, регламентиращи изискванията за осигуряване на безопасността на корабоплаването при превоза в насипно състояние на товари, склонни към втечняване. Прави се преглед на статистическата информация за възникнали инциденти и произшествия, произтичащи от естеството на превозвания товар на борда. Анализират се изводите и заключенията от извършените разследвания в тази връзка. Особено внимание се отделя на причините довели до възникване на АМС и АМП. Извършва се кратък преговорен обзор на тема „Устойчивост на кораба“ в частта превоз в насипно състояние на сухи товари, различни от зърно, влияние на свободната повърхност при втечняване на товарите и поведение на кораба на вълнение. Обсъжда се ролята и мястото на човешкия фактор в управлението на безопасността на кораба.

Във втората част (Етап 2) на допълващото обучение се извършва обзор на опасните фактори (опасностите) при превоза на товари, склонни към втечняване и свързаните с тях рискове. Идентифицирането на опасните фактори е задължително условие при управление на риска за осигуряване на безопасността на корабите. Също в рамките на втория етап на допълващото обучение, обучаемите трябва да придобият способност да извършват оценка на текущата ситуация, да формализират и

Таблица 12. Методика за допълващо обучение за формиране на умения за приемане на решения в ситуации на риск и неопределеност.

Съдържание:
Основен компонент: Методика за формиране на умения за приемане на решения в ситуации на риск и неопределеност.
Основополагащ принцип: Надграждане на знанията и професионалния опит с целево обучение за придобиване на умения за приемане на решения в ситуации на риск и неопределеност.
Етапи на формиране на умения за приемане на решения: - Теоретичен: Формиране на умения и навици за вземане на решения за действия в аварийни ситуации; - Практически: Отработване до автоматизъм на алгоритъмът за действия в аварийни ситуации;
Показатели: - Теоретичен: Ниво на осъзнаване на риска и знания за проблема; - Практически: Психологична устойчивост и адаптивност в ситуации на риск и неопределеност.
Организация на допълващото обучение: - Етап 1: Въведение в курса. Цели и задачи на курса. Оценка на компетентността. Информация за инциденти и произшествия. Изводи от разследвания на АМС и АМП. Международни и национални документи, регламентиращи безопасността на корабоплаването и превоза на товари, склонни към втечняване. Причини за възникване на АМС при превоза на този тип товари; - Етап 2: Оценка на риска при превоза на товари, склонни към втечняване. Идентификация на опасните фактори. Модел и алгоритъм за анализ и оценка на текущата ситуация; - Етап 2: Управление на безопасността на кораба при превоза на товари, склонни към втечняване. Режимы на управление на безопасността на кораба. Формулиране на задачата за приемане на решение и алгоритъм за нейното решаване.
Оценка на придобитите умения и навици за вземане на решения: - Анкета-тест: Управление на безопасността на кораба при превоз на товари, склонни към втечняване; - Анкета-тест: Личностни фактори влияещи на приемането на решение в условия на риск и неопределеност.

проследяват развитието на аварийните събития, адекватно да реагират на възникващите агресивни явления. Те трябва да са в състояние да формулират проблемите, възникнали вследствие на реализиране на опасните фактори, както и на действията или бездействията на ЛВР.

На третия етап (Етап 3) обучаемите трябва да придобият умения адекватно да реагират на негативните явления, да генерират алтернативи, да формират сценарии на антисъбития и да приемат решения за тяхното реализиране. Трябва обаче да се отбележи, че досега в научната литература няма точна методологична обосноваване за формирането на умения за приемане на решения в условията на риск. В настоящата разработка е споделен личен опит и изводи от анализи, направени от застрахователни и корабни компании, разследвали АМП.

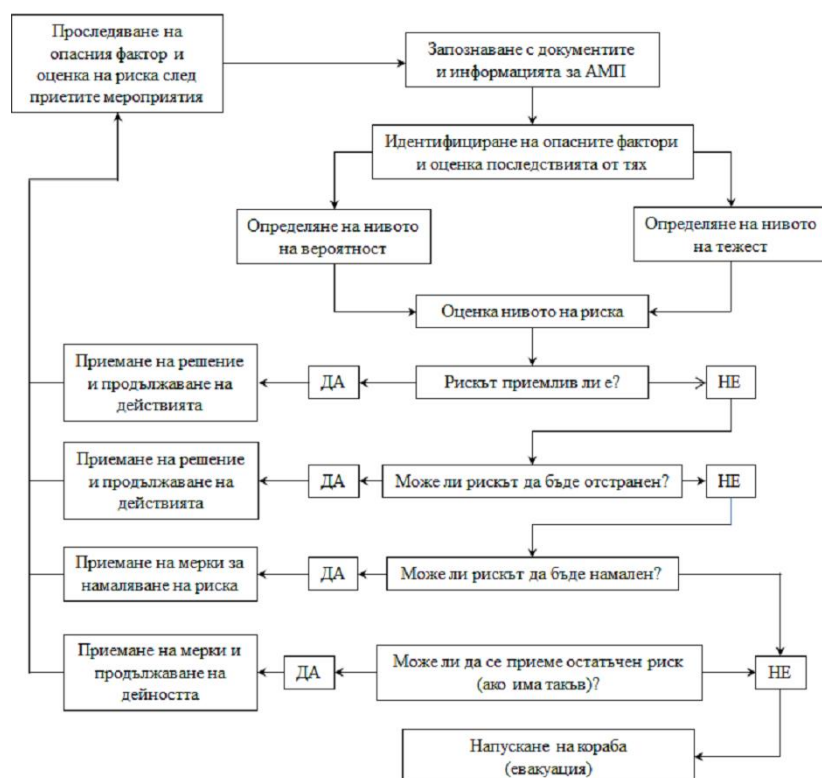
На фиг.13 е представена пълната схема на процеса на вземане решение, която се предоставя на обучаемите, като вариант за управление на безопасността на кораба.

Процесът започва с идентифициране на опасните фактори и възможните последствия от тях. След това факторите на риска се оценят според вероятността и тежестта им, за да се определи степента на тяхното влияние върху безопасността на кораба. Ако факторите на риска са оценени като допустими, обучаемите могат да предложат мероприятия за контрол на опасните фактори и плаването на кораба да продължи по план.

Ако обучаемите преценят, че факторите на риска за безопасността на кораба са недопустими, то те трябва да отговорят на следните въпроси:

а) могат ли да бъдат отстранени опасните фактори и съот-

28



Фиг. 13. Модел на обучение по тема „вземане на решение“.

ветстващите им фактори на риска? Ако отговорът е положителен се предлагат съответните мерки.

Ако отговорът е отрицателен, то възниква следния въпрос:

б) могат ли да бъдат намалени факторите на риска за безопасността на кораба? Ако отговорът е отрицателен, то осъществяването на съответните мероприятия се отменя.

Ако отговорът е положителен, може да се предприемат съответните действия за намаляване на риска, но възниква следния въпрос:

в) съществуват ли остатъчни фактори на риска за безопасността на кораба? Ако отговорът е положителен, то е необходимо да се оцени какво е нивото им за да се определи степенята на допустимост и възможностите за отстраняването или намаляването им, за да се осигури приемливо ниво на безопасност за кораба.

В крайна сметка обучаемите трябва да добият умения да оценяват факторите на риска за безопасността на кораба като извършат анализ на опасните фактори, най-малко по два компонента:

а) оценка на степенята на сериозност (тежест) на последствията за безопасността на кораба;

б) оценка на вероятността за това, че опасността може да се реализира.

Инструктивният материал за анализ и оценка на риска за безопасността на корабите при превоза на товари, склонни към втечняване е представен в глава втора на дисертацията, а методиката за приемане на решения – в глава трета.

Условно може да се приеме, че съществуват три общи стратегии за изход от или за недопускане на възникване на проблемна ситуация, т.е. за приемане на решение за действие. В тази връзка, пред обучаемите се поставя въпросът за избор на адекватна алтернатива:

а) *Напускане на кораба и спасяване екипажа*. Това е най-сложният и живото-определящ казус изобщо в морската практика. Приемането на такова решение е въпрос на знания, опит, решителност, но и най-вече на интуиция, придобита в процеса на професионалното развитие на ЛВР. За да се приеме такова крайно решение за напускане на кораба, капитанът му безусловно трябва да е преценил (изключваме паникьосване), че техническите и човешки ресурси с които разполага при дадените условия и ситуация не могат да решат възникналия проблем.

б) *Избягване на риска от гибел на кораба и екипажа*. Възникването на този проблем започва от момента на откриване на конкретния фактор на опасността и анализа на резултатите от неговото проследяване. Ако явлението се прояви внезапно, но резултатът не е така бърз, както например, внезапно обръщане или взривяване на кораба и т.п. катастрофи, ЛВР предприема необходимите според него действия за запазване на непотопимостта на кораба (устойчивост + плавателност = непотопимост) според това, кое негово мореходно качество е нарушено.

в) *Недопускане излагането на риск*. Това са първите и най-важни действия, които, ако бъдат изпълнени с необходимата компетентия и цялостност, биха били предотвратили събитията, описани в предходните две алтернативи. Всичко, което определя действията на ЛВР за недопускане на риск е описано в съответните кодекси, правила и системи за УБК. Например, за недопускане на нещатни или други по-тежки ситуации при превоза на склонни към втечняване товари, предписанията са посочени в Международния кодекс за превоз на твърди насипни товари по море.

В процеса на допълващото обучение, по време на семинарните занятия въпросите свързани с оценката на текущата ситуация и алтернативите на решенията, които се предлагат от страна на обучаемите, се подлагат на задълбочена дискусия в която те споделят своите виждания, опит и знания.

Оценка на резултатите от допълващото обучение.

Оценката на ефективността на обучението е важен етап в процеса на допълващото обучение на операторите на кораби. Неговият смисъл се състои в това, да се установи доколко те са усвоили умения да вземат решения в ситуации на риск и неопределеност. За целта с тях се провежда експеримент във вид на изпитен тест, в който чрез отговорите на поставените въпроси е необходимо да демонстрират получените знания, в резултат от допълващото обучение.

Участниците в допълващото обучение биват оценявани по две направления – знания и психологическа устойчивост и адаптивност в ситуации на риск и неопределеност. За целта, в допълващото обучение са заложени два критерия. На първо място, това е критерият на базата на който се оценяват знанията на участниците - „Знания (осъзнаване на проблема)”. На второ място, това е критерият на базата на който се оценява психологичната устойчивост и адаптивност на участниците в условията на риск и неопределеност - „Управление на безопасността на кораба при превоз на товари, склонни към втечняване” (табл.13).

Таблица 13. Показатели за ниво на умения за приемане на решения в ситуации на риск.

Показатели на оценката	Ниво на формиране / бал		
	Висок / (1)	Среден / (2)	Нисък / (3)
Знания (осъзнаване на проблема)	- Владее в необходимата степен умения за: а) идентифициране и класификация на опасностите и рисковете за корабите превозващи склонни към втечняване товари; б) оценка на проблемните ситуации; - Умее да генерира алтернативи и да избира оптимални решения; - Познава и прилага на практика правилата, указани в международни и национални документи, регламентиращи безопасността на корабите.	- Различава трудно опасностите, риска и класификацията им; - Несигурност в оценката на проблемните ситуации; - Отсъства ясна представа за алтернативни действия и несигурност в избора на оптимални решения; - Решенията се приемат трудно и бавно. - Прилага, но допуска грешки при съблюдаване на изискванията на международни и национални документи, регламентиращи безопасността на корабите.	- Не притежава достатъчно професионални знания за управление на безопасността на кораба; - Трудно прилага придобитите умения за идентифициране и класификация на опасностите и рисковете за корабите превозващи склонни към втечняване товари; - Допуска значителни грешки при прилагането на практика на правилата, указани в международни и национални документи, регламентиращи безопасността на корабите.
Психологична устойчивост и адаптивност в ситуации на риск и неопределеност.	1. Бдителност: 61% - 80%; 2. Избягване: 0% - 40%; 3. Прокрастинация: 0% - 40%; 4. Свръхбдителност: 0% - 40%;	1. Бдителност: 41% - 60%; 2. Избягване: 41% - 60%; 3. Прокрастинация: 41% - 60%; 4. Свръхбдителност: 41% - 60%;	1. Бдителност: 0% - 40%; 2. Избягване: 61% - 80%; 3. Прокрастинация: 61% - 80%; 4. Свръхбдителност: 61% - 80%;

За оценка на нивото на обучаемите и ефективността на ДО са проведен анкети-тестове с участието на 33-ма слушатели (капитани и старши помощник капитани) – входна анкета, и след завършване на курса на обучение – изходна анкета (табл. 14).

Табл. 14. Резултати от проведени анкети тестове преди и след допълващо обучение.

Тематични въпроси	Входно ниво		Изходно ниво	
	Верни	Неверни	Верни	Неверни
Определяне на проблема	33%	67%	100%	0%
Оценка на риска	30%	70%	100%	0%
Решения за действия	48%	52%	100%	0%
Краен резултат	37%	63%	100%	0%

Изводи от четвърта глава

1. Доказани са ролята и мястото на допълващото обучение за изграждането на умения и навици в операторите на кораби да оценят и анализират текущата ситуация и да вземат адекватни решения в условията риск и неопределеност.

2. Разработена е методика за допълващо обучение на операторите на кораби на ниво „управление“ за вземане на решения за управление на безопасността на кораба при превоз на товари, склонни към втечняване.

3. Разработен е модел за обучение на лицата, вземащи решения за управление на безопасността на кораба.

4. Разработена е методика за оценка на готовността на операторите на кораби да вземат решения в кризисни ситуации. Определени са показателите и критериите за оценка на придобитите от тях умения и навици за приемане на решения в ситуации на риск и неопределеност.

5. Резултатите от проведените тестове-анкети показва повишаване на уменията за анализ, оценка и придобиване на навици за вземане на решения от 37 % на входно ниво, на 100% след завършване на допълващото обучение.

Заклучение

В дисертационния труд е проведен и представен комплекс от изследвания в които е отразено съвременното състояние на морските превози на товари, склонни към втечняване, по основния показател за безопасността на корабите – аварийността от която в най-голяма степен зависи сигурността на транспортния процес. В този смисъл решаването на проблемите с безопасността на корабите, превозващи товари, склонни към втечняване придобива характер на оптимизационна задача, резултатът от която зависи от знанията, уменията и професионалната подготовка на ЛВР на борда на кораба.

От анализите на аварийните произшествия с кораби, превозващи склонни към втечняване товари е направен извод, че адекватното поведение на операторите на корабите в неадекватните условия на АС, методично не е осигурено достатъчно. Този недостатък в значителна степен се решава в дисертационния труд, който е насочен към повишаване на тяхната подготовка за противодействие на негативните явления и намаляване на отрицателното влияние на „човешкия фактор“, поради недостатъчна компетентност за действия в кризисни ситуации.

Целта на дисертационното изследване - оптимизиране на превозите по море на склонните към втечняване товари чрез осигуряване на безопасността на корабите в екстремни ситуации е постигната.

Научно – приложни и приложни приноси

Разработена е методика за „проеекционно моделиране“ на текущата ситуация в системата „кораб – оператор – среда“, установяваща тенденциите за нейното поетапно развитие и вероятностите за настъпване на АМС.

Разработена е структурна схема и математичен модел на системата КОС, които позволяват индиректно да се изследва текущото състояние на обекта на управление (кораба) в конкретни аварийни ситуации на база-данни от разследванията на фактически АМП.

Разработена е методика и алгоритъм за вземане на решения за управление на безопасността на корабите при превоз на товари, склонни към втечняване в условията на риск и неопределеност.

Разработена е методика за допълващо обучение на ЛВР на ниво „управление“ за вземане на решения за управление на безопасността на корабите, превозващи товари склонни към втечняване.

Практическо приложение на изследването

Резултатите от дисертационната разработка могат да се използват като методология в практическата дейност на корабоводителите при управление на безопасността на корабите.

Отделни практически резултати от дисертацията са използвани при разследване на морски произшествия, които са публикувани на официалната интернет страница на Министерството на транспорта и съобщенията (<https://www.mtc.government.bg/bg/arhi-veyear/201>, както и в информационната система на IMO GISIS и Европейската база данни за морски произшествия (EMCIP) – Приложение 8.

Предложената методика за подготовка на лицата, вземащи решения е одобрена за внедряване в провеждания от „Български морски квалификационен център“ ЕАД курс под заглавие „Безопасност при товарни операции и превоз на твърди насипни товари“, а темите, касаещи втечняващите се товари от група А на IMSBC кодекса, ще се разглеждат в рамките на Тема № 10 от Националния стандарт за провеждане на курс „Обработка и превоз на пакетирани и твърди опасни, рискови и вредни товари“ (HAZMAT – Приложение 9).

Предложената в дисертацията програма за провеждане на курс за допълващо обучение е намерила приложение в повишаване на компетентността на офицерите от управленско ниво на корабите оперирани от „Параходство БМФ“ АД.

Списък на публикациите по темата на дисертационния труд

1. ЩЕРЕВ, Делян Михайлов, (2016). Особенности на перевоза по море на насипные товары, склонные к течению. *Science & Technologies*, Т. VI, бр. 2, с. 23-27. ISSN-1314-4111. Достъпно от: <https://www.sustz.com/bg/?f=journal&number=44>
2. ЩЕРЕВ, Делян Михайлов, (2021). Оценка на риска и управление на безопасността при превози с кораби по море на насипни товари, склонни към втечняване. *Science & Technologies*, Т. XI, бр. 2, с. 40-46. ISSN-1314-4111. Достъпно от: <https://www.sustz.com/bg/?f=journal&number=82>
3. ЩЕРЕВ, Делян Михайлов, (2021). Проблеми свързани с безопасността при морските превози на товари, склонни към разводняване. *Machines. Technologies. Materials*, Т. 1, бр. 1 (18), с. 83-85. ISSN 2535-003X. Достъпно от: <https://mtmcongress.com/winter/sbornik/1-2021.pdf>
4. ЩЕРЕВ, Делян Михайлов; ЩЕРЕВ, Михаил Георгиев, (2021). Морските катастрофи в контекста на управлението на риска при превоза по море на склонни към втечняване товари. *Machines. Tech-*

nologies. *Materials*, Т. 3, бр. 3 (20), с. 334-337. ISSN 2535-003X. Достъпно от: <https://mtmcongress.com/winter/sbornik/3-2021.pdf>

5. SHTEREV, Delyan Mihaylov, (2021). Safety problems in maritime transport of cargoes which are able to liquefy. *Trans Motauto World*, vol. 6, no. 1, pp. 27-29. ISSN 2534-8493. Available from: <https://stumejournals.com/journals/tm/2021/1/pdf>

Abstract

Ensuring the safety of ships involved in the transport of solid bulk cargoes is a complex problem. This problem is not new, but it has acquired special attention in recent years, when only from 2010 to 2021, 44 bulk carriers of 10 000 t DWT and over, have sunk. Ten of these vessels were carrying cargoes prone to liquefaction.

The disasters with the ten mentioned bulk carriers represent 23% of total ship losses at sea during this period. Nevertheless, they resulted in 82% of casualties (143 crew members). The accident investigation reports stated cargo liquefaction as the main reason for the losses. However, the core reason should reportedly be attributed to the "human factor". First of all, due to the inadequate actions of officers in charge in case of an emergency and secondly, due to their insufficient skills and abilities to analyze, evaluate, and make reasoned decisions to manage the emergency situations. In this regard, the optimization of the sea-borne trade of cargoes prone to liquefaction should be related to ensuring the safety of ships by enhancing the knowledge and skills of their operators to analyze, evaluate, and make adequate decisions to prevent from occurrence of emergency situations or if once happen, to manage them.

Taking in mind the above stated, solving the safety problems of ships carrying cargo-prone to liquefaction acquires the character of an optimization task, the result of which depends on the knowledge, skills and professional training of the responsible officers in charge on board the vessel. Therefore, the thesis is aimed to increase their readiness for counteracting negative phenomena and reducing the negative influence of the "human factor", due to insufficient competence to act in crisis situations. As a result, an advanced educational training methodology has been developed for preparing the officers of management level for decision-making on actions to ensure the safety of ships carrying cargoes prone to liquefaction in the event of emergency situations.

Keywords: *safety; solid bulk cargo; transportable moisture limit; cargo liquefaction; ship stability; decision making; professional and educational training.*

Благодарности

Благодаря на проф. д-р к.д.п. Благовест Белев, проф. д-р инж. Юри Дачев и доц. д-р инж. Божидар Дяков, за оказаната помощ и съвети при оформянето на дисертацията.

Благодаря на проф. д-р инж. Румен Кишев, за оказаното съдействие при графоаналитичния анализ на събитията.

Горещи благодарности на моите колеги и приятели, които ме подкрепяха и мотивираха през цялото време.