

2. Zlobin, D. S., and Ju. N. Urtmintcev. "Substantiation of optimal parameters of «river-sea» vessels in modern operating conditions." *Science and Technology in Transport* 2 (2012): 40–46.
3. Filippova, D. A. "Balance scheme in sand cargo hydrotransport handling." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2 (24) (2014): 151–155.
4. Tarasov, Jurij Dmitrievich. "Overload of Bulk Cargoes from Cars-Dump-Body Trucks in Sailing Charter Means." *Mining Equipment and Electromechanics* 6 (2010): 15–21.
5. Cheban, Anton Jurevich, G. V. Sekisov, and N. P. Khrunina. "Structural analysis of the machinery and equipment fleet for construction rock mining in the southern part of the Far East Region." *Mining Industry Journal*. 4 (2013): 26–29.
6. Sekisov, Gennadij Valentinovich, and A. Ju. Cheban. "Technical equipment of the mining enterprises of the Primorsky territory, involved of production of construction rocks." *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)* 11 (2013): 283–287.
7. Cheban, Anton Jurevich, I. Ju. Raskazov, and V. S. Litvintsev. "Analysis of the Amur region mining enterprises machinery park." *Markshejderija i nedropolzovanie* 2 (2012): 41–50.
8. Adamov, Evgenij Ivanovich, N. S. Otdelkin, and S. N. Sikarev. "Device reduces losses in bulk cargo reloading grabbing crane." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6 (28) (2014): 129–133.
9. Alekseev, Anton Vladimirovich. "Analysis of structure of modern warehouses of bulk cargo." *Science and Technology in Transport* 3 (2013): 84–87.
10. Tarasov Ju. D. Ustrojstvo dlja pogruzki sypuchih gruzov v trjum sudna. Rossiiskaja Federacija, assignee. Patent 2268225. 22.07.2004.
11. Tarasov Ju. D. Ustrojstvo dlja pogruzki sypuchih gruzov v trjum sudna. Rossiiskaja Federacija, assignee. Patent 2329937. 26.02.2007.
12. Cheban A. Ju. Sposob pogruzki sypuchih materialov v trjummy sudna. Zajavka № 2015130257. 21.07.2015.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чебан Антон Юрьевич —  
кандидат технических наук, доцент.  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт горного дела  
Дальневосточного отделения Российской  
академии наук (ИГД ДВО РАН)  
chebanay@mail.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Cheban Anton Yurievich —  
Candidate of Engineering, associate professor.  
Federal State budgetary institution of Science Mining  
Institute of Far Eastern branch  
of the Russian Academy of Sciences  
(Mining Institute)  
chebanay@mail.ru

**УДК 639.2.052**

**С. С. Мойсеенко,  
А. Е. Мейлер**

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ АВАРИЙНОСТИ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ

Оценка и управление рисками в рыболовстве как специфическом виде мореплавания является в настоящее время актуальной проблемой. Эффективность работы рыболовного флота во многом зависит от качества управленческих решений, связанных с обеспечением безопасности мореплавания и ведения промысла. Особенность работы рыболовного флота и его транспортного обслуживания заключается в том, что все операции выполняются в условиях воздействия на них многих внутренних и внешних факторов. В статье, на основе анализа работы рыболовных судов, описаны причинно-следственные связи и «сценарии» возникновения аварийных ситуаций и промысловых происшествий, определены основные виды рисков. Представленная методика количественной оценки ожидаемого риска — его цены и допустимых значений, разработана на основе использования метода нечётких множеств (экспертных оценок) и теории вероятностей. В статье приведён практический пример реализации алгоритма расчёта прогностических оценок и цены риска. Предлагаемая методика была апробирована на практике и может быть рекомендована к внедрению в рыбопромысловых/судоходных компаниях.

Ключевые слова: рыболовные суда, «сценарий» аварии, оценка риска, причинно-следственные составляющие риска, цена риска.

**В** НАСТОЯЩЕЕ время проблема управления рисками и их оценка в различных областях, в частности, в мореплавании является актуальной, ей посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов. В частности, в работе [1] рассматриваются все аспекты рисков и безопасности в мореплавании: инженерные и эксплуатационные, требования безопасности, а также страхование и расследование несчастных случаев. Согласно исследованию [2], так называемые навигационные риски представляют собой совокупность вероятности возникновения отказа техники и последствий, которые это может вызвать. Человеческий фактор в мореплавании был исследован применительно к анализу рисков [3]. Анализ проблем обеспечения безопасности морских грузоперевозок, а также методы и модели оценки рисков приведены в работах [4], [5], где рассматриваются как организационные аспекты обеспечения безопасности в морских перевозках различных грузов, так и управление рисками.

Несмотря на большое количество публикаций по результатам исследований рисков в мореплавании и идентичные во многом подходы, можно утверждать, что в настоящее время отсутствует универсальное общепринятое определение риска. В частности, риск рассматривается [6] как комбинация вероятности возникновения нежелательного события и степени возможных последствий или условие, при котором возможно такое нежелательное событие и тяжесть его последствий. В случае определения безопасности как независимости от неприемлемого риска, её взаимосвязь с риском используется для описания степени независимости от опасности [1].

Международная морская организация ИМО [7] определяет риск, как *сочетание частоты и тяжести последствий*, т.е. формулируются две составляющие вероятности: вероятность возникновения и вероятность тяжести непредсказуемых или предсказуемых последствий. В п. 1.2.2.2 Международного кодекса по управлению безопасностью (МКУБ) отмечается следующее: «Цели управления безопасностью компании преследуют <...> установление защиты от всех выявленных рисков». Стандарт ISO8402:1995/BS 4778 определяет управление рисками, включающее также и оценку морского риска, следующим образом: «Процесс, посредством которого принимаются решения: допустим ли известный или оценённый риск и / или необходимо ли осуществить меры по сокращению вероятности возникновения риска и его последствий». Правила МКУБ [8] дают наиболее приемлемое определение риска для мореплавания и для большинства отраслей промышленности, а именно: «Сочетание вероятности или частоты возникновения определённой опасности и возможной величины негативных последствий».

В связи с ранее изложенным, важным моментом является оценка риска, его допустимых пределов, т. е. всесторонняя оценка вероятности и степени возможных последствий аварийных ситуаций для того, чтобы выбрать подходящие меры обеспечения безопасности [6]. Одним из способов, с помощью которых можно контролировать и минимизировать риски, является формальная оценка безопасности [9], которая определяется как «рациональный и систематический процесс оценки рисков, связанных с судоходством, и оценки издержек и выгод, связанных с сокращением рисков». Руководство по методологии применения FSA было утверждено ИМО в 2002 г. (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392), с поправками согласно циркуляру MSC/Circ.1180-MEPC/Circ.474 and MSC-MEPC.2/Circ.5 [7]. Однако FSA имеет некоторые ограничения, главным из которых является то, что «издержки и выгоды», определённые по данной методологии, рассматриваются в частичном и очень общем виде [10]. Например, с точки зрения критерия эффективности затрат, методология FSA не рассматривает источник оплаты за устранение выявленного риска [11].

Приведённый в Правилах и руководстве по внедрению МКУБ [8] «оценитель риска» (*Risk Estimator*) даёт матричную (качественную) характеристику вероятности риска и его последствий. Однако наряду с такой оценкой, необходимо иметь и количественную, в частности, финансовую, оценку последствий, т. е. приемлемости риска. В настоящей статье данный вопрос рассматривается применительно к освоению биоресурсов Мирового океана, приводятся некоторые результаты исследований в области управления рисками, проводимых в БГАРФ КГТУ.

Требования к конструкции и оборудованию, с точки зрения обеспечения безопасности рыболовных судов и экипажей, приведены в Кодексе безопасности рыбаков и рыболовных судов [12].

Предполагается, что оценка рисков для таких судов должна проводиться в соответствии с ранее указанными нормативными документами. Однако рыболовство как вид мореплавания имеет специфическую проблему оценки рисков. Не случайно, в публикации [13] отмечается, что коммерческое рыболовство является одним из наименее безопасных видов деятельности, а вероятность полной потери судна и ожидаемое количество погибших членов экипажа обратно пропорциональны цене вылова рыбы. Данное объясняется особенностями процесса промысла и транспортировки сырья из районов промысла, который заключается в том, что все операции выполняются в условиях воздействия многих внутренних и внешних негативных факторов. В связи с этим задача оценки и управления рисками в рыболовстве является особенно актуальной.

Согласно модели вероятности аварии рыболовного судна в промысловых районах [14], средние суда имеют наиболее высокую вероятность возникновения несчастных случаев, в отличие от небольших судов, имеющих низкую вероятность. Предложенная вероятностная модель позволяет осуществлять количественную оценку безопасности в промышленном рыболовстве. Также можно отметить современный подход к разработанной политике безопасности в рыболовстве [15], предполагающий создание правовой базы — жизненно важного предварительного условия для осуществления мер, направленных на повышение безопасности рыболовных судов. Возникновение рисков в рыболовстве и управление ими являлось предметом недавних исследований учёных и специалистов стран Балтийского моря [16].

Несмотря на большое количество исследований по безопасности рыболовных судов, можно констатировать, что проблема оценки и управления рисками в рыболовстве разработана недостаточно и является актуальной. На основе анализа аварийности рыбопромысловых судов определены причинно-следственные связи возникновения аварийных ситуаций и промысловых происшествий. Разработаны методы расчёта уровня прогнозируемого риска при различных сочетаниях негативных факторов внешней и внутренней среды. Поскольку на сегодняшний день статистические данные об аварийности рыболовных судов недостаточно полно отражают условия и причины возникновения аварийных ситуаций (часто не приводятся данные о числе судов, работающих в рассматриваемом районе и сезоне года), рассчитать количественные оценки рисков, используя стандартные статистические методы, невозможно. Для случаев неполной статистической информации предложен метод расчёта рисков на основе использования метода нечётких множеств / экспертных оценок и теории вероятностей.

Рассмотрим возможный сценарий развития аварийных ситуаций. Из многообразия рисков, присущих работе флота на промысле и транспортировке грузов в порт, целесообразно выделить три основных группы:

- риски потери/гибели судов и груза;
- риски аварий и аварийных происшествий, не повлёкших потери судов и груза;
- риски отказа технических средств, обеспечивающих хранение, перевозку и сохранность грузов.

Был выполнен анализ большого числа аварий / аварийных происшествий рыболовных и транспортных судов [17], на основе которого можно сделать вывод о том, что в наиболее общем виде аварийные ситуации в процессе работы флота на промысле и транспортировки сырья / продукции развиваются по следующему «сценарию»: внешние или внутренние обстоятельства (ошибки оператора, гидрометеорологические условия, отказы судовой техники и т. п.) приводят к авариям (посадка на мель, столкновения и т. п.). Последствия возможны в виде повреждения корпуса судна, поломки судового оборудования, затопления отсеков, потери промыслового вооружения и т. п.

При определённых обстоятельствах (отсутствие необходимой информации о погоде, приближении урагана, цунами и т. д.) причиной возникновения аварийной ситуации (чрезвычайной ситуации — ЧС) являются тяжёлые погодные условия. Вследствие этого ошвартованные «*борт-борт*» суда (обычный режим совместной работы добывающего и транспортного судов) могут быть повреждены и даже конструктивно разрушены. Таким образом, указанные ранее обстоятельства

провоцируют риски возникновения ошибок, отказов техники и совместно с негативным влиянием природных факторов являются причиной аварий (столкновений, посадок на мель, потерей груза и даже судна и экипажа). Ранее приведённый «сценарий» развития ЧС и аварий рыболовных и транспортных судов при выполнении грузовых операций и транспортировке можно использовать как общую модель при расчёте риска возникновения аварийных ЧС в процессе работы рыболовных судов на промысле и транспортного обслуживания рыболовного флота [17], [18].

Учитывая возможный описанный ранее «сценарий», важной задачей является оценка риска аварий рыболовных судов и промысловых происшествий в рыболовстве. Промысловые происшествия — это, прежде всего, потери орудий лова, связанные с такими провоцирующими причинами, как отказ технических средств, ошибки операторов промысловых судов при управлении процессами лова, гидрометеорологические условия и др. Отказ технических средств, например, гидроакустической станции, может явиться причиной зацепов и потери трала при работе на тяжёлых (например, скалистых) грунтах. Отказ траловой лебёдки также может стать причиной повреждения орудий лова, так как оператор не сможет управлять процессом движения трала (горизонт траления, изменение горизонта движения трала при обнаружении подводных препятствий и т. д.). Ошибки оператора, прежде всего, связаны с неверной оценкой ситуации, особенно при работе в группе судов, и, соответственно, неверным выбором манёвра. Ошибки оператора — это и недооценка степени влияния гидрометеорологических условий на процесс лова. Так, при угрозе шквалистых порывов ветра существует риск потери остойчивости судна при подъёме орудий лова (например, кошелькового невода) а также опрокидывания судна, следующего на попутном волнении [5].

Оценка риска аварий / промысловых происшествий может быть выполнена *методом экспертных оценок и методами теории вероятностей*. При этом для использования строгих математических методов необходимо иметь представительную статистическую базу, т. е. большой объем выборки данных по аварийности и промысловым происшествиям. Причём, эти данные должны быть сгруппированы по типам судов, районам промысла, видам аварий / происшествий, орудиям лова, причинам и последствиям, времени года / сезонам. Однако такой статистической базы, должным образом систематизированной, на сегодняшний день не существует. В связи с недостатком статистических данных по промысловым происшествиям и авариям рыболовных судов при ведении промысла можно применить *метод экспертных оценок с использованием теории нечётких множеств*.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся на практике аварийные ситуации и методы оценки риска негативных последствий. Предположим, что в районе промысла работает группа рыболовных судов. Необходима оценка риска возникновения аварийной ситуации в этом случае. В процессе тралового лова в группе судов возможно появление трёх независимых событий, появление которых может создать аварийную ситуацию и явиться причиной аварии / промыслового происшествия: первое ( $A_1$ ) — отказ гидроакустической станции; второе ( $A_2$ ) — ошибка оператора; третье ( $A_3$ ) — ошибка оператора другого судна. Требуется найти вероятностную оценку риска аварии / промыслового происшествия.

Алгоритм решения данной задачи содержит несколько этапов.

Первый этап — определение экспертных оценок вероятности того, что в течение процесса лова ни одно из событий:  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , не реализуется. Эксперты называют минимальные и максимальные значения вероятностей. Далее расчет выполняется по формулам [19]:

$$P_i^{\text{exp}} = (P_i^{\text{min}} + 4P_i^{\text{mp}} + P_i^{\text{max}})/6, \quad (1)$$

где  $P_i^{\text{exp}}$  — априорная вероятность ожидания  $i$ -го отказа;  $P_i^{\text{min}}$  — минимальное значение вероятности  $i$ -го отказа;  $P_i^{\text{mp}}$  — наиболее вероятная величина вероятности  $i$ -го отказа;  $P_i^{\text{max}}$  — максимальное значение вероятности  $i$ -го отказа;

$$P_i^{\text{mp}} = (2P_i^{\text{min}} + P_i^{\text{max}})/3. \quad (2)$$

Дисперсия рассчитывается по формуле

$$\delta^2 = [(P_i^{\min} - P_i^{\max})/6]^2. \quad (3)$$

Предположим, что в результате расчётов были определены априорные вероятности появления событий  $P(A_1), P(A_2), P(A_3)$ , которые равны, соответственно, 0,95; 0,90; 0,85.

На втором этапе по формуле умножения вероятностей [19] рассчитывается вероятность того, что ни одно из независимых событий  $A_i$  не появится:

$$P(A_1 A_2 A_3) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot P(A_3) = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,85 = 0,727. \quad (4)$$

Вероятность того, что событие  $i$  появится, соответственно, равна:  $1 - 0,95 = 0,05$ ;  $1 - 0,90 = 0,10$ ;  $1 - 0,85 = 0,15$ . Тогда вероятность того, что в процессе лова (например, траления) могут появиться все три события, которые могут явиться причиной аварии, т. е. вероятность / риск возникновения аварийной ситуации при тралении в группе судов равна:  $P(A) = 0,05 \cdot 0,10 \cdot 0,15 = 0,00075$ .

Анализ решения практических задач такого типа показывает, что, как правило, вероятность совместного наступления указанных событий мала, но в условиях работы судов в осенне-зимний период на небольших промысловых акваториях и при большом скоплении судов вероятность наступления аварийной ситуации резко возрастает. Например, при работе флота в районе Антарктиды в зимний период при априорных вероятностях 0,85; 0,75; 0,7, согласно оценке экспертов, хорошо знающих этот район промысла, вероятность риска аварии / промыслового происшествия возрастает до 0,011. Пренебрегать таким уровнем риска становится уже опасно.

Рассмотрим оценку риска аварий / промысловых происшествий в случае совместного появления двух и более зависимых событий. Определим событие  $B_i$  как причину  $i$ -го ущерба, причиненного рыболовному судну / орудиям лова / окружающей среде (загрязнение моря). Риск при ведении промысла можно оценить математическим ожиданием ущерба от возможной аварии. Цена риска рассчитывается по формулам [20]:

$$R = M(w), \quad (5)$$

где  $M(w)$  — функция ущерба.

Составляющие риска промысловых аварий или причинения вреда судну можно представить следующим выражением:

$$R = M(w) = \sum P(B_i) \cdot w_i, \quad (6)$$

где  $\sum P(B_i)$  — вероятность события  $B_i$ ;  $w_i$  — предполагаемая сумма ущерба.

Рассмотрим методы оценки риска аварий  $R_A$ . С этой целью определим событие причинения  $i$ -го вида ущерба судну / орудиям лова при аварии  $B_i$ :

$$B_i = A \cap C_i, \quad (7)$$

где  $A$  — событие (авария/промысловое происшествие);  $C_i$  — событие (реализация аварии / промыслового происшествия по  $i$ -му сценарию).

Так как  $A$  и  $C_i$  — совместные события, вероятность события, связанного с причинением ущерба судну при аварии, определяется [19], в виде

$$P(B_i) = P(A \cap C_i) = P(A)P(C_i|A). \quad (8)$$

Подставив выражение (8) в выражение (6), получим

$$R_A = \sum P(A)P(C_i|A)w_i, \quad (9)$$

где  $P(A)$  — причины возникновения риска аварии  $R_A$ ;  $P(C_i|A)w_i$  — ожидаемые последствия аварии.

Оценка причинно-следственных составляющих риска выполняется с использованием статистических методов, методов нечётких множеств и экспертных оценок, имитационных методов моделирования аварийных ситуаций / сценариев. Оценка ожидаемых последствий аварий / промысловых происшествий с рыболовными судами базируется в основном на анализе дерева событий с использованием математического аппарата [19], [21].

Рассмотрим пример практической реализации метода. Рейс рыбопромыслового судна проходит в различных гидрометеорологических условиях. В частности, 50 % времени рейса судно работает в хороших погодных условиях, 30 % времени — в условиях плохой погоды, но работать на промысле можно, 20 % времени судно работает, а чаще не работает в тяжёлых погодных условиях. По оценкам экспертов, рассчитаны априорные вероятности (формулы (1) – (3)) безаварийной работы в условиях хорошей, плохой и тяжёлой погоды, которые равны, соответственно, 0,98; 0,95; 0,80. Необходимо определить вероятность того, что рейс закончится без аварий и промысловых происшествий.

Введём обозначения:  $A$  – событие, означающее успешное завершение рейса;  $B_1, B_2, B_3$  — события, означающие работу судна в разных условиях. Тогда  $P(B_1) = 0,50$ ;  $P(B_2) = 0,30$ ;  $P(B_3) = 0,20$ . Поскольку событие  $A$  наступает при условии появления одного из событий  $B_1, B_2, B_3$ , которые образуют полную группу несовместных событий, вероятность события  $A$  равна сумме произведения вероятностей каждого события на условную вероятность, соответственно, событий  $B_1, B_2, B_3$ :

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(B_i)P(A|B_i). \quad (10)$$

Имеем следующие условные вероятности:  $P(A|B_1) = 0,98$ ;  $P(A|B_2) = 0,95$ ;  $P(A|B_3) = 0,87$ . По формуле (10) рассчитаем вероятность того, что рейс будет выполнен без аварий и промысловых происшествий:  $P(A) = 0,5 \cdot 0,98 + 0,3 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,87 = 0,949$ . Итак, вероятность благоприятного исхода рейса рыболовного судна равна 0,949, а вероятность аварии или промыслового происшествия —  $(1 - 0,949) = 0,051$ . Таким образом, в случае аварии или промыслового происшествия при величине ущерба, например, 5 000 000 руб., цена риска составит  $0,051 \cdot 5\,000\,000 = 255\,000$  руб., что является, в частности, для среднего рыболовного траулера не столь значительной суммой по сравнению с получаемой прибылью.

Представляется важным провести интегральную оценку риска в рыболовстве, которая может быть представлена в следующем виде:

- как сумма вероятностей возникновения аварий на каждом этапе промысловой работы рыболовного судна;
- как средневзвешенная вероятность риска возникновения аварии;
- как средневзвешенная цена риска аварии;
- как сумма цены риска по каждому этапу промысловой работы судна.

Теоретические основы формирования интегральной оценки риска представлены в работах [19], [21], [22].

Алгоритм комплексной оценки риска можно представить в виде ряда последовательных этапов.

1. Определение вероятности отказа по статистическим данным или экспертным оценкам (мини-макс).
2. Определение весовых оценок на режиме отказа  $j$ -го типа / условий, вызвавших аварийные случаи.
3. Оценка условной вероятности события  $B_i$  (аварии  $i$ -го типа). Расчёт выполняется для всех режимов —  $j$ , маршрутов —  $i$  и вариантов транспортировки —  $l$ .
4. Определение значений максимальной вероятности того, какие типы отказов / условий, скорее всего, приведут к событию  $B_i$  (аварии  $i$ -го типа).
5. Проведение интегральной оценки аварийной ситуации или вероятности события  $B_i$ . (Интегральная оценка  $P(B_i|A_{ij})$  рассчитывается в соответствии с законом сложения вероятностей).
6. Вычисление средней стоимости риска в виде суммы произведений взвешенных оценок  $j$ -го типа отказа и  $i$ -го типа повреждения в районе промысла  $l$ , определяемая путём умножения вероятности возникновения аварии на сумму ущерба от нее.
7. Сравнение расчётной стоимости риска с допустимым значением риска. Риск может быть признан приемлемым, если нет жертв и стоимость риска меньше, чем ожидаемая коммерческая прибыль.

### Выводы

1. Методика оценки рисков в океаническом рыболовстве строится на основе использования общей модели сценария развития аварийных ситуаций, теории нечётких множеств и экспертных оценок. При расчёте оценок риска необходимо учитывать причинно-следственные связи в логике: «обстоятельства/условия — причины — следствия».

2. Предложенная методика оценки рисков включает как методы расчёта вероятностных оценок рисков в океаническом рыболовстве, так и расчёты цены риска, т. е. ожидаемой величины ущерба судну, грузу, окружающей среде в случае, если ситуация риска будет реализована (произойдёт авария).

3. Уровень допустимого риска определяется путем сравнения цены риска с величиной ожидаемой прибыли, которую получит судовладелец при выполнении рейса. В случае, если величина ожидаемой прибыли выше цены риска, то такой риск можно считать допустимым (предполагается, что угрозы для жизни людей нет).

4. Методика оценки рисков была апробирована одним из авторов статьи (капитаном С. С. Мойсеенко) на практике и дала положительные результаты, что позволяет рекомендовать ее к внедрению в рыбопромысловых / судоходных компаниях для использования в системе управления безопасностью / рисками при освоении биоресурсов Мирового океана и транспортировке сырья.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kristiansen S.* Maritime transportation: Safety management and risk analysis / S. Kristiansen // Elsevier. — 2010. — P. 528.
2. *Gucma M.* Combination of processing methods for various simulation data sets / M. Gucma // TransNav. — 2008. — № 2(1). — P. 11–15.
3. *Kobyliński L.* Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties / L. Kobyliński // TransNav. — 2009. — № 3 (4). — P. 443–448.
4. *Кириченко А. В.* Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств. / А. В. Кириченко, С. В. Латухов, В. А. Никитин, О. А. Ражев. — СПб: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 368 с.
5. *Мойсеенко С. С.* Безопасность морских грузоперевозок / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер. — Калининград: Изд-во БГАРФ, 2011. — 398 с.
6. *Yin J.* Quantitative Risk Assessment for Maritime Safety Management / PhD thesis. Hong Kong Polytechnic University. — 2011. <[http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/4317/2/b24415613\\_ir.pdf](http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/4317/2/b24415613_ir.pdf)>.
7. International Maritime Organization. <<http://www.imo.org>>.
8. International Safety Management. Code and Guidelines on Implementation of the ISM Code. — London: IMO, 2012.
9. Formal Safety Assessment. <<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/SafetyTopics/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>>.
10. *Karahalios, H.* A risk appraisal system regarding the implementation of maritime regulations by a ship operator / H. Karahalios, Z. L. Yang, J. Wang // Maritime Policy & Management. — 2015. — Vol. 42. — No. 4. — P. 389–413.
11. *Vanem E.* Cost-effectiveness criteria for marine oil spill preventive measures / E. Vanem, O. Endersen, R. Skjong // Reliability Engineering & System Safety. — 2008. — Vol. 93. — P. 1354–1368.
12. Code of Safety for Fishermen and Fishing Vessels. — London: IMO, 2006.
13. *Jin D.* The safety of commercial fishing: determinants of vessel total losses and injuries / D. Jin, H. L. Kite-Powell, W. K. Talley // Journal of Safety Research. — 2001. — № 32 (2). — P. 209–228.
14. *Jin D.* A model of fishing vessel accident probability / D. Jin, H. L. Kite-Powell, E. Thunberg [etc.] // Journal of Safety Research. — 2002. — № 33. — P. 497–510.
15. *Perez-Labajos C.* Fishing safety policy and research / C. Perez-Labajos // Marine Policy. — 2008. — № 32. — P. 40–45.
16. *Final Report of Flagship Project.* To lay the groundwork for developing a plan to reduce the number of accidents in fisheries // EU strategy for the Baltic Sea region. Baltic Sea Advisory Council. — 2014. — P. 20. <<http://www.bsac.dk/archive/Dokumenter/Flagship%20Project/BSAC%20Safety%20Report%20FINAL.pdf>>.

17. *Мойсеенко С. С.* Анализ проблемы оценки рисков в промышленном рыболовстве / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер, В. А. Бондарев [и др.] // Материалы II Балтийского морского форума. — Светлогорск, 26 – 30 мая. — 2014. — С. 76–83.
18. *Мойсеенко С. С.* Дифференциально-интегральный подход моделированию процессов развития аварийных ситуаций в мореплавании и океаническом рыболовстве / С. С. Мойсеенко, В. П. Скрыпник, О. Г. Фаустова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — Вып. 4 (26). — С. 47–53.
19. *Вентцель Е. С.* Теория вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М.: Наука, 1973. — 496 с.
20. *Топалов В. П.* Риски в судоходстве / В. П. Топалов, В. Г. Торский. — Одесса: Астропринт, 2007. — 368 с.
21. *Абчук В. А.* Теория риска в морской практике / В. А. Абчук. — Л.: Судостроение, 1983. — 152 с.
22. *Мойсеенко С. С.* Формирование интегральной оценки рисков возникновения ЧС в мультимодальных грузоперевозках / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер, О. Г. Фаустова // Материалы I Балтийского морского форума. — Светлогорск, 28 – 31 мая. — 2013. — С. 265–270.

## A METHOD OF RISKS ASSESSMENT FOR THE FISHING VESSELS ACCIDENTENCE

*Risk assessment and management in fisheries, as a specific form of navigation, is now an actual problem. The efficiency of the fishing fleet is largely dependent on the quality of management decisions related to the safety of navigation and fishing. The feature of the fishing fleet activity and its transport service is that all operations are carried out in conditions of an impact of many internal and external factors.*

*The article describes cause-and-effect relationships of accidents of fishing vessels given on the base of an analysis of emergencies (fishing occurrences) and main types of risks in fishery are defined also. The presented method of the quantitative assessment of the predicted risk – its price and acceptable values is elaborated using of the method of fuzzy sets (expert estimates) and the theory of probability.*

*The article gives a practical example of realization of the algorithm for calculating the prognostic estimates and the price of the risk. The proposed method has been tested in marine practice and can be recommended for implementation in fisheries / shipping companies.*

*Key words: fishing vessels, accident scenario, risk assessment, cause-and-effect components of the risk, costs of the risk.*

## REFERENCES

1. Kristiansen, Svein. *Maritime transportation: Safety management and risk analysis*. Elsevier, 2010.
2. Gucma, Maciej. “Combination of processing methods for various simulation data sets.” *TransNav*. 2.1 (2008): 11-15.
3. Kobyliński, Lech. “Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties.” *TransNav*. 3.4 (2009): 443-448.
4. Kirichenko, Alexander, et al. *Organizational and technical foundations of ships and port facilities security*. S.-Petersburg: GUMRF imeni admirala S.O Makarov Publ. House, 2014. (in Russian).
5. Moyseenko, Sergey, and Leonid Meyler. *Safety of marine cargo transportation*. Kaliningrad: BFFSA Publ. House, 2011. (in Russian).
6. Yin, Jingbo. “Quantitative Risk Assessment for Maritime Safety Management.” PhD thesis. Hong Kong Polytechnic University, 2011. Web. <[http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/4317/2/b24415613\\_ir.pdf](http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/4317/2/b24415613_ir.pdf)>
7. IMO. Web. <http://www.imo.org>
8. *ISM Code and Guidelines on Implementation of the ISM Code*. London: IMO, 2012.
9. FSA. Web. <<http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/SafetyTopics/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>>
10. Karahalios, Hristos, Zaili Yang, and Jin Wang “A risk appraisal system regarding the implementation of maritime regulations by a ship operator.” *Maritime Policy & Management*. 42.4(2015): 389-413.
11. Vanem, Erik, Oyvind Endersen, and Rolf Skjong. “Cost-effectiveness criteria for marine oil spill preventive measures.” *Reliability Engineering & System Safety*. 93 (2008): 1354-1368.

12. *Code of Safety for Fishermen and Fishing Vessels*, London: IMO, 2006.
13. Jin, D., Hauke Kite-Powell, and Wayne Talley. "The safety of commercial fishing: determinants of vessel total losses and injuries." *Journal of Safety Research* 32.2 (2001): 209-228.
14. Jin, D., Hauke Kite-Powell, Erik Thunberg, Andrew Solow, and Wayne Talley. "A model of fishing vessel accident probability." *Journal of Safety Research*. 33(2002): 497-510.
15. Perez-Labajos, Carlos. "Fishing safety policy and research." *Marine Policy*. 32 (2008): 40-45.
16. Final Report of Flagship Project, EU strategy for the Baltic Sea region. "To lay the groundwork for developing a plan to reduce the number of accidents in fisheries." 2014, BSAC. Web. <<http://www.bsac.dk/archive/Dokumenter/Flagship%20Project/BSAC%20Safety%20Report%20FINAL.pdf>>.
17. Moiseenko, Sergey, Leonid Meyler, Vitaly Bondarev, and Oksana Faustova. "Analysis of the problem of risk assessment in commercial fishing." *Proc. XI Baltic Maritime Forum, Swetlogorsk, 26–30 May 2014*. Kaliningrad: BFFSA Publ. House, 2014. 76 – 83. Print. (in Russian).
18. Moiseenko, Sergey, Vladimir Skrypnik, and Oksana Faustova. "Differential-integral approach to the modeling of the development of emergency situations in shipping and oceanic fisheries." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(26) (2014): 47-53. (in Russian).
19. Ventzel, Elena, and Lev Owcharov. *Theory of probability*. Moscow: Nauka, 1973. (in Russian).
20. Topalov, Valeriy, and Vladimir Torskiy. *Risks in Shipping*. Odessa: Astroprint, 2007. (in Russian).
21. Abchuk, Vladimir. *Risk theory in the marine practice*. Leningrad: Sudostroenie, 1983. (in Russian).
22. Moiseenko, Sergey, Leonid Meyler, and Oksana Faustova. "Formation of the integrated risk assessment of a disaster in multimodal cargo transportation." *Proc. X Baltic Maritime Forum. Swetlogorsk, 28–31 May 2013*. Kaliningrad: BFFSA Publ. House, 2013. 265 – 270. Print. (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Моисеенко Сергей Сергеевич* —  
 доктор педагогических наук, кандидат  
 технических наук, профессор.  
 Балтийская государственная академия  
 рыбопромыслового флота Калининградского  
 государственного технического университета  
 (БГАРФ КГТУ)  
*moiseenkoss@rambler.ru*  
*Мейлер Леонид Ефимович* —  
 кандидат технических наук, доцент.  
 Балтийская государственная академия  
 рыбопромыслового флота Калининградского  
 государственного технического университета  
 (БГАРФ КГТУ)  
*transport@bga.gazinter.net*

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Moiseenko Sergey Sergeevich* —  
 Doctor of pedagogical sciences,  
 Candidate of Engineering, professor.  
 Baltic Fishing Fleet State Academy  
 of the Kaliningrad State Technical University  
 (BFFSA KSTU)  
*moiseenkoss@rambler.ru*  
*Meyler Leonid Efimovich* —  
 Candidate of Engineering,  
 associate professor.  
 Baltic Fishing Fleet State Academy  
 of the Kaliningrad State Technical University  
 (BFFSA KSTU)  
*transport@bga.gazinter.net*

**УДК 681.3: 656.62**

**Д. А. Акмайкин,  
 С. Ф. Ключева,  
 П. А. Салюк**

### ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА СУДНА ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ

*В работе рассматриваются вопросы оценки поиска оптимальных маршрутов судов с точки зрения затрат времени на переход, экономичности маршрута и его безопасности. Приведен анализ построения оптимального маршрута судна на основе приближенных алгоритмов и эвристической оценочной функции. В результате проведенного исследования был разработан и программным образом реализован эвристический алгоритм A2015. Работоспособность алгоритма показана на примере формирования оптимально-*