

DOI 10.58351/2949-2041.2024.14.9.006

УДК 331.45

Мухамедов Марат Русланович, Аспирант,
Калининградский государственный технический университет, Калининград
Mukhamedov R. Marat, Kaliningrad State Technical University
postgraduate student, Kaliningrad

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ РИСКОВ В МОРСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ РЫБОЛОВСТВЕ ON THE ISSUE OF RISK ASSESSMENT IN MARINE INDUSTRIAL FISHERIES

Аннотация: В данной статье рассматривается разработка и внедрение математической модели оценки рисков в морском промышленном рыболовстве. Учитываются такие факторы, как опасности для здоровья и жизни людей. Модель включает в себя вероятностные и количественные методы оценки рисков, а также их взвешивание с учетом значимости. В заключение обсуждаются современные системы автоматизации, которые уже активно применяются на рыбопромысловых судах для минимизации рисков.

Abstract: This article discusses the development and implementation of a mathematical model for risk assessment in marine industrial fisheries. Factors such as hazards to human health and life are taken into account. The model includes probabilistic and quantitative methods for assessing risks, as well as their weighting taking into account significance. In conclusion, modern automation systems are discussed, which are already actively used on fishing vessels to minimize risks.

Ключевые слова: оценка рисков, морское промышленное рыболовство, математическая модель, системы автоматизации, безопасность судоходства, технологические риски, экологические риски.

Keywords: risk assessment, marine industrial fishing, mathematical model, automation systems, maritime safety, technological risks, environmental risks.

Морское промышленное рыболовство является важной отраслью мирового хозяйства, обеспечивающей продовольственную безопасность и значительный экономический вклад в экономику многих стран. Однако эта отрасль также характеризуется высокими рисками, связанными с тяжелыми условиями труда, нестабильной природной средой и технической сложностью судов и оборудования. Управление рисками в данной сфере представляет собой критически важный аспект, обеспечивающий безопасность экипажа, защиту имущества и сохранение окружающей среды.

Основные риски, с которыми сталкивается морское промышленное рыболовство, включают погодные условия, технические сбои, человеческий фактор, нарушения правил безопасности и экологические угрозы [1]. Часто непредсказуемость морской среды и сложность технологических процессов на судах делают управление этими рисками сложной задачей. Несмотря на постоянное совершенствование технологий и международных норм, инциденты и аварийные ситуации по-прежнему происходят, что свидетельствует о необходимости более глубокого анализа и разработки эффективных методов оценки рисков.

Вопрос оценки рисков в морском промышленном рыболовстве приобретает все большее значение, так как правильная идентификация и количественная оценка возможных угроз позволяют разработать адекватные меры по снижению их последствий. В современных условиях акцент смещается на создание комплексных систем управления рисками, интегрирующих технологические, экологические и организационные аспекты деятельности на судах [1].

Целью данной работы является разработка модели оценки рисков, которая может быть адаптирована к особенностям данной отрасли. Исследование направлено на повышение уровня безопасности, минимизацию негативных последствий аварийных ситуаций и улучшение эффективности работы судов, что в конечном итоге способствует снижению числа происшествий и повышению устойчивости рыболовной деятельности.



Для разработки эффективной математической модели оценки рисков в морском промышленном рыболовстве необходимо учесть сложность и многоаспектность этой отрасли, где множество факторов может влиять на безопасность и эффективность процессов. Модель должна включать как вероятностные оценки различных рисков (погодные условия, состояние судна, человеческий фактор), так и их последствия для экипажа, судна и окружающей среды. Одной из основных задач является построение такой системы, которая сможет интегрировать и количественно оценивать все возможные угрозы, позволяя разработать оптимальные меры их минимизации.

Для того чтобы эффективно управлять рисками в морском промышленном рыболовстве, необходимо разработать математическую модель, которая позволит учесть множество факторов, влияющих на безопасность и устойчивость деятельности. Такая модель должна включать в себя как оценку вероятности возникновения тех или иных событий, так и анализ их последствий с учетом различных аспектов – от человеческих жертв и экономических потерь до экологических последствий и технологических сбоев [2]. Далее рассмотрим математическую модель оценки рисков, которая позволяет структурировать и количественно оценить данные риски.

Основные параметры:

1. R_i – риск i -го события.
2. P_i – вероятность возникновения i -го события.
3. C_i – последствия (ущерб) i -го события.
4. W_i – вес (значимость) i -го события, если нужно учесть влияние определенного риска на общую картину.
5. R – общий риск.

Шаг 1: Оценка рисков отдельных событий

Для каждого потенциального опасного события i , связанного с морским промышленным рыболовством, оценим вероятность возникновения P_i и возможные последствия C_i .

Формула для риска отдельного события может быть такой [3]:

$$R_i = P_i \times C_i, \quad (1)$$

где

- $P_i \in [0,1]$ – вероятность возникновения события, выраженная в процентах или долях.
- C_i – ущерб, который может быть выражен в денежной форме, потерянных ресурсах или человеческих жизнях.

Шаг 2: Взвешенная оценка риска

Если необходимо учесть важность каждого события, добавим весовой коэффициент [3]

W_i :

$$R_i = W_i \times P_i \times C_i, \quad (2)$$

где

- $W_i \in [0,1]$ – весовое значение риска. Например, риски, связанные с безопасностью человеческой жизни, могут быть более значимыми, чем экономические риски.

Шаг 3: Общая оценка рисков

Для оценки общего уровня риска в морском промышленном рыболовстве суммируем все индивидуальные риски:



$$R = \sum_{i=1}^n W_i \times P_i \times C_i \quad (3)$$

где n – количество анализируемых рисков.

Шаг 4: Оценка уровня приемлемости риска

После вычисления общего риска R , его можно сравнить с установленным порогом приемлемости риска R_{max} . Если $R > R_{max}$, необходимо принять меры по снижению риска (например, улучшение безопасности труда, внедрение дополнительных мер контроля и т.д.).

Пример:

Допустим, рассматриваем три основных риска:

1. Риск несчастного случая на борту ($i = 1$).

- Вероятность $P_1 = 0.05$ (5%).

- Ущерб $C_1 = 100$ (например, выраженный в тысячах долларов или в других единицах).

- Вес $W_1 = 0.9$ (высокая значимость из-за опасности для жизни людей).

2. Экономический риск потери улова ($i = 2$).

- Вероятность $P_2 = 0.1$ (10%).

- Ущерб $C_2 = 50$.

- Вес $W_2 = 0.7$ (значим, но менее важен, чем риск для жизни).

3. Экологический риск загрязнения моря ($i = 3$).

- Вероятность $P_3 = 0.02$ (2%).

- Ущерб $C_3 = 200$.

- Вес $W_3 = 0.8$ (высокая значимость).

Общий риск:

$$R = 0.9 \times 0.05 \times 100 + 0.7 \times 0.1 \times 50 + 0.8 \times 0.02 \times 200 = 4.5 + 3.5 + 3.2 = 11.2$$

Теперь можно сравнить этот результат с установленным порогом R_{max} и принять решение о дополнительных мерах по снижению риска, если это необходимо.

Шаг 5: Оптимизация

Для минимизации риска можно провести анализ чувствительности параметров (например, изменить меры по снижению вероятности P_i или последствия C_i и построить функцию затрат на снижение рисков, чтобы найти оптимальное решение.

Эта базовая модель может быть расширена с учетом более сложных факторов, таких как динамическая оценка рисков во времени, влияние сезонности и т.д.

Для более точного и комплексного управления рисками в морском промышленном рыболовстве базовая модель может быть расширена. Это позволит учесть дополнительные факторы, такие как технологические сбои, экологические угрозы, влияние человеческого фактора и финансовые риски. Рассмотрим расширенную математическую модель, которая интегрирует эти аспекты и помогает глубже анализировать риски с целью их эффективного минимизирования.

Расширенная модель оценки рисков в морском промышленном рыболовстве должна учитывать большее количество факторов, влияющих на безопасность экипажа, судна, экономические потери и окружающую среду. При этом важно учесть специфические аспекты отрасли, такие как непредсказуемые погодные условия, состояние судов, технические неисправности, аварии на борту и взаимодействие с другими судами.



Дополнительные параметры:

1. T_i – технологические риски, связанные с состоянием оборудования и судна.
2. E_i – экологические риски (например, разливы топлива или попадание сетей в критические морские экосистемы).
3. H_i – риски для здоровья и безопасности персонала.
4. F_i – финансовые риски, связанные с потерей улова, поломками оборудования или санкциями.

Шаг 1: Категоризация рисков

1. Технологические риски T_i :

- Поломка оборудования на борту, что может привести к остановке работ или аварийной ситуации.
- Пример: износ двигателей, отказ навигационных систем, поломка гидравлических механизмов для подъема сетей.

2. Экологические риски E_i :

- Загрязнение воды при разливе топлива, попадание сетей или отходов в море.
- Пример: случайная утечка топлива или масел в море, что приводит к штрафам и экологическим последствиям.

3. Риски здоровья и безопасности H_i :

- Травмы на борту, несанкционированные действия экипажа, несчастные случаи.
- Пример: падение члена экипажа за борт, травмы при работе с рыболовными сетями.

4. Финансовые риски F_i :

- Потеря улова, повреждение грузов, штрафы за нарушения экологических норм или промысловых квот.
- Пример: из-за неисправного оборудования или неблагоприятных погодных условий улов может быть утрачен, или рыба может погибнуть в трюме из-за отсутствия надлежащего охлаждения.

Шаг 2: Формализация модели

Для каждого типа риска оценим вероятность и последствия. Вводим следующие формулы:

1. Технологические риски:

$$T_i = W_{T_i} \times P_{T_i} \times C_{T_i}, \quad (4)$$

где

- P_{T_i} – вероятность технологической аварии.
- C_{T_i} – последствия технологического риска (стоимость ремонта, потеря времени).
- W_{T_i} – значимость технологического риска.

2. Экологические риски:

$$E_i = W_{E_i} \times P_{E_i} \times C_{E_i}, \quad (5)$$

где

- P_{E_i} – вероятность экологической аварии.
- C_{E_i} – последствия экологического риска (штрафы, восстановительные работы).
- W_{E_i} – значимость экологического риска.



3. Риски здоровья и безопасности:

$$H_i = W_{H_i} \times P_{H_i} \times C_{H_i}, \quad (6)$$

где

- P_{H_i} – вероятность травмы или инцидента на борту.
- C_{H_i} – последствия для здоровья (медицинские расходы, компенсации).
- W_{H_i} – значимость риска для безопасности.

4. Финансовые риски:

$$F_i = W_{F_i} \times P_{F_i} \times C_{F_i}, \quad (7)$$

где

- P_{F_i} – вероятность финансовых потерь.
- C_{F_i} – финансовые потери (штрафы, потеря улова).
- W_{F_i} – значимость финансовых рисков.

Шаг 3: Общий риск

Общий риск для судна можно рассчитать как сумму всех типов рисков:

$$R = \sum_{i=1}^n (T_i + E_i + H_i + F_i) \quad (7)$$

Этот показатель может использоваться для определения текущего уровня риска и его сравнения с допустимыми значениями.

После разработки и расширения модели оценки рисков важно рассмотреть примеры из практики морского промышленного рыболовства. Эти примеры позволят наглядно продемонстрировать, как модель может применяться на реальных судах и в различных ситуациях, связанных с рисками для безопасности экипажа, экономическими потерями и экологическими угрозами. Рассмотрим несколько реальных случаев, где внедрение системы управления рисками сыграло ключевую роль в предотвращении аварий и минимизации последствий:

1. Поломка навигационного оборудования (Технологический риск T_i)

- Пример: на борту судна произошел отказ гирокомпаса, что привело к невозможности точно ориентироваться в условиях плохой видимости. Это увеличило риск столкновения с другими судами и отклонения от маршрута.

- Решение: Проведение регулярного технического обслуживания и плановой замены навигационного оборудования может снизить вероятность поломки (P_{T_i}) и уменьшить последствия аварии.

2. Разлив топлива в море (Экологический риск E_i)

- Пример: при заправке судна в условиях шторма произошла утечка топлива в воду, что привело к загрязнению прибрежной зоны и крупным штрафам со стороны регулирующих органов.

- Решение: Использование двойных резервуаров для топлива и регулярные проверки на герметичность могут значительно снизить риск (P_{E_i}).

3. Травма члена экипажа при работе с сетями (Риски здоровья и безопасности H_i)

- Пример: Один из членов экипажа получил серьезную травму при работе с рыболовными сетями из-за несоблюдения мер безопасности.

- Решение: Проведение регулярных инструктажей по технике безопасности и обеспечение всех членов экипажа необходимыми защитными средствами может снизить вероятность травм (P_{H_i}) и их последствия (C_{H_i}).



4. Потеря улова из-за поломки холодильного оборудования (Финансовый риск F_i)

- Пример: из-за поломки холодильного оборудования часть улова испортилась, что привело к финансовым потерям для судовладельца.

- Решение: Регулярное техническое обслуживание холодильных систем и установка резервных систем может минимизировать риски (P_{F_i}).

Шаг 4: Оценка уровня приемлемости риска и его оптимизация

Для минимизации общего риска необходимо учитывать не только последствия и вероятность возникновения рисков, но и финансовые затраты на их минимизацию. Это можно выразить через функцию затрат на уменьшение вероятности [3]:

$$C_{\min} = f(P_i, C_i) \quad (8)$$

где

- C_{\min} – затраты на минимизацию риска.

- $f(P_i, C_i)$ – функция, учитывающая снижение вероятности и последствий риска в зависимости от принятых мер.

Эта расширенная модель позволяет учитывать комплексный характер рисков, с которыми сталкиваются рыболовные суда, и принимать обоснованные управленческие решения для их снижения.

После рассмотрения расширенной модели оценки рисков важно отметить, что для повышения эффективности управления этими рисками все больше компаний начинают внедрять современные системы автоматизации на своих судах. Эти технологии позволяют не только своевременно выявлять и устранять потенциальные угрозы, но и значительно снижать влияние человеческого фактора. Рассмотрим системы автоматизации, которые уже активно используются на рыбопромысловых судах и доказали свою эффективность в снижении рисков:

1. Автоматизированные системы управления судном (АСС) [4].

- Система динамического позиционирования (DPS): Эта система позволяет судну оставаться в фиксированном положении без использования якорей, что особенно важно при сложных промысловых операциях или в местах с сильными течениями. DPS использует GPS и другие датчики для автоматического контроля положения судна.

- Автоматизация навигации: Современные системы автоматической навигации и пилотирования помогают экипажу безопасно управлять судном, снижая вероятность ошибок в сложных погодных условиях или при ограниченной видимости.

2. Системы автоматизации рыболовного процесса [4].

- Автоматические рыболовные лебедки: Эти системы позволяют автоматически поднимать и опускать сети и другие орудия лова, что значительно снижает физическую нагрузку на экипаж и увеличивает безопасность.

- Автоматические системы сортировки рыбы: после подъема улова автоматические линии сортировки и обработки рыбы помогают быстро и точно разделить улов по видам и размерам, а также отсортировать нежелательный или запрещенный улов.

3. Системы мониторинга и контроля состояния судна [4].

- Системы мониторинга технического состояния судна (Condition Monitoring Systems): Эти системы позволяют отслеживать в реальном времени состояние основных узлов и механизмов судна, таких как двигатели, генераторы, насосы и другие системы. Автоматическое предупреждение о неисправностях или ухудшении параметров помогает предотвратить аварии и снизить риск поломок.

- Автоматизированные системы пожарной безопасности: они включают в себя датчики дыма и системы тушения, которые автоматически активируются при обнаружении пожара, обеспечивая более быстрый и эффективный отклик.



4. Системы управления уловом и экологические системы [4].

- Системы учета и мониторинга улова: Эти системы используют камеры и датчики для автоматической регистрации количества выловленной рыбы, что позволяет более точно следовать квотам и международным требованиям. Такие системы также помогают предотвращать незаконный вылов рыбы.

- Системы управления отходами: Автоматизация процессов по обращению с отходами и утилизацией мусора помогает снизить загрязнение моря и соответствует современным экологическим стандартам.

5. Цифровые системы связи и контроля [4].

- Системы мониторинга экипажа: Автоматизированные системы отслеживания местоположения и активности членов экипажа позволяют улучшить безопасность на борту, особенно в экстренных ситуациях. Такие системы также могут интегрироваться с датчиками контроля здоровья и состояния членов экипажа.

- Спутниковые системы связи и мониторинга: Современные рыбопромысловые суда оснащаются спутниковыми системами для передачи данных и постоянного мониторинга их местоположения в режиме реального времени, что улучшает координацию и реагирование на ЧС.

6. Системы автоматизации энергопотребления [4].

- Автоматизация энергоменеджмента: Современные системы контроля энергопотребления позволяют оптимизировать использование топлива и электричества на борту судна. Это включает в себя контроль работы двигателей, генераторов и других энергоемких систем с целью минимизации издержек и повышения эффективности.

7. Автоматизированные системы безопасности труда [4].

- Системы мониторинга безопасности на рабочем месте: включают камеры и датчики, отслеживающие рабочую активность экипажа для предотвращения нарушений безопасности. Например, такие системы могут предупреждать о неправильном использовании оборудования или нахождении в опасных зонах.

8. Системы прогнозирования и анализа данных [4].

- Аналитические системы прогнозирования улова: Использование больших данных и машинного обучения для анализа условий лова, температуры воды, данных о миграции рыбы позволяет более точно прогнозировать улов и выбирать оптимальные места для рыбалки.

- Системы управления рисками и аварийным реагированием: Эти системы используют данные с датчиков, камер и других источников для прогнозирования возможных аварийных ситуаций, а также помогают экипажу быстрее реагировать на внештатные ситуации, такие как поломки, утечки или пожары.

Примеры судов с внедренной автоматизацией:

- Суда проекта "Краболов" в России, которые оснащены современными системами автоматизации, включая динамическое позиционирование, автоматизацию погрузки улова и обработку крабов.

- Траулеры последнего поколения в Норвегии и Исландии оснащены роботизированными линиями для обработки рыбы, что позволяет минимизировать ручной труд и повысить безопасность экипажа.

Морское промышленное рыболовство является одной из наиболее сложных и опасных отраслей, где риски для здоровья людей, экономические потери и угрозы для окружающей среды требуют особого внимания. Разработка математической модели оценки рисков, которая интегрирует вероятностные и количественные методы анализа, позволяет значительно повысить уровень безопасности и устойчивости судоходства.

Расширение модели с учетом технологических, экологических и финансовых аспектов обеспечивает комплексный подход к управлению рисками, что важно для эффективной эксплуатации рыбопромысловых судов. Примеры из практики показали, что использование этих моделей способствует снижению числа инцидентов и минимизации их последствий.



Кроме того, внедрение современных систем автоматизации на судах открывает новые возможности для управления рисками в реальном времени. Автоматизированные системы мониторинга и контроля позволяют своевременно выявлять угрозы и оперативно реагировать на них, тем самым уменьшая влияние человеческого фактора.

Таким образом, комплексный подход к управлению рисками, основанный на математическом моделировании и внедрении технологий автоматизации, является важным шагом в повышении безопасности и эффективности работы в морском промышленном рыболовстве.

Список литературы:

1. Kristiansen S. Maritime transportation: Safety management and risk analysis / S. Kristiansen // Elsevier. – 2010. – P. 528.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Наука, 1973. – 496 с.
3. Топалов В. П. Риски в судоходстве / В. П. Топалов, В. Г. Торский. – Одесса: Астропринт, 2007. – 368 с.
4. Абчук В. А. Теория риска в морской практике / В. А. Абчук. – Л.: Судостроение, 1983. – 152 с.

