

Научная статья
УДК 629.123
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.17.83.001

Методика оценки риска развития пожароопасной ситуации на морском нефтяном танкере

Николай Михайлович Лоран

Главное управление МЧС России по Кемеровской области, Кемерово, Россия,
<https://orcid.org/0000-0002-7661-5162>

Автор ответственный за переписку: Николай Михайлович Лоран, ourant9@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы исследования методов защиты от пожаров на нефтеперевозящих морских танкерах. Приведены особенности проведения анализа оценки защищенности морских нефтетанкеров на основе вероятностных показателей. Особое внимание уделено обзору методических подходов обеспечения противопожарной защиты хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов морскими нефтетанкерами. На основе проведенного анализа и обобщения существующих методических подходов предложена методика расчета вероятностных показателей пожара на нефтяном танкере. При этом, матрица оценки рисков обеспечивает качественный (полуколичественный) анализ уровня риска нежелательного события на нефтетанкере и позволяет сформировать шкалу перечня значимых опасностей.

Ключевые слова: морские нефтетанкеры, оценка рисков, моделирование, пожарная безопасность, пожар

Для цитирования: Лоран Н.М. Методика оценки риска развития пожароопасной ситуации на морском нефтяном танкере // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 3 (26). С. 20-27. <http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.17.83.001>

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RISK OF DEVELOPING A FIRE-HAZARDOUS SITUATION ON AN OFFSHORE OIL TANKER

Nikolay M. Loran

Main Department of EMERCOM of Russia for the Kemerovo Region, Kemerovo, Russia,
<https://orcid.org/0000-0002-7661-5162>

Corresponding author: Nikolay M. Loran, ourant9@rambler.ru

Abstract. The article deals with the actual problems of research of methods of fire protection on oil-carrying sea tankers. The features of the analysis of the assessment of the security of offshore oil tankers based on probabilistic indicators are given. Particular attention is paid to the review of methodological approaches to ensuring fire protection for the storage and transportation of oil and petroleum products by offshore oil tankers. Based on the analysis and generalization of existing methodological approaches, a method for calculating the probabilistic indicators of a fire on an oil tanker is proposed. At the same time, the risk assessment matrix provides a qualitative (semi-quantitative) analysis of the risk level of an undesirable event on an oil tanker and allows you to form a scale of the list of significant hazards.

Key words: offshore oil tankers, risk assessment, modeling, fire safety, fire

For citation: Nikolay M. Loran Methodology for assessing the risk of developing a fire-hazardous situation on an offshore oil tanker// Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 3 (26). С. 20-27. (In Russ.) <http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.17.83.001>

С ростом числа морских нефтеперевозок возрастает угроза загрязнения окружающей среды в области морской акватории портов. Обеспечение противопожарной защиты нефтяных танкеров является комплексной проблемой и имеет самостоятельные и сложные задачи. Данные задачи включают в себя категорирование объектов, проведение анализа уязвимости, выбор и обоснование типовых требований по уровню обеспечения пожарной безопасности объектов различных категорий, оценка эффективности принятых проектно-технических и организационных решений, оптимизация структуры и состава по критериям «эффективность – стоимость» [1].

Нефтегазовый комплекс является отраслью народного хозяйства с высокими рисками. Во многом, стабильность объектов нефтегазового комплекса, зависит от предотвращения незапланированных убытков, вызванных экономическими катаклизмами, последствиями технических аварий и других чрезвычайных ситуаций и происшествий [2, 3].

Объем добычи нефти на территории Российской Федерации в 2022 году приведен на диаграмме (Рис. 1). Следует отметить, что с марта 2021 года в нашей стране плавно увеличился объем добываемой нефти, так как происходили постепенные послабления ограничений ОПЕК+ [4].

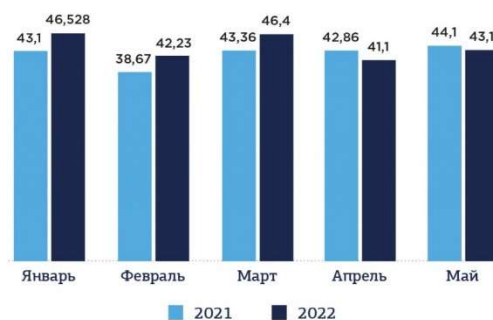


Рис. 1. Добыча нефти и газового конденсата в России, январь – май 2021 и январь – май 2022, млн тонн

В связи с этим, особой актуальной задачей становится разработка методических подходов обеспечения противопожарной защиты объектов хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов [5].

Для реализации защитных мер необходимо тщательное обоснование и рациональность затрат, что можно быть обеспечить в рамках процедуры управления защищенностью объектов. Алгоритм управления защищенностью как совокупности объектов (например объектов, входящих в цепочку: добыча – транспортировка на берег – погрузка на нефтетанкеры – транспортировка) заинтересованного субъекта, так и управления защищенностью отдельного объекта, осуществляется на основе общей процедуры, особенности которой приведены на Рис. 2.

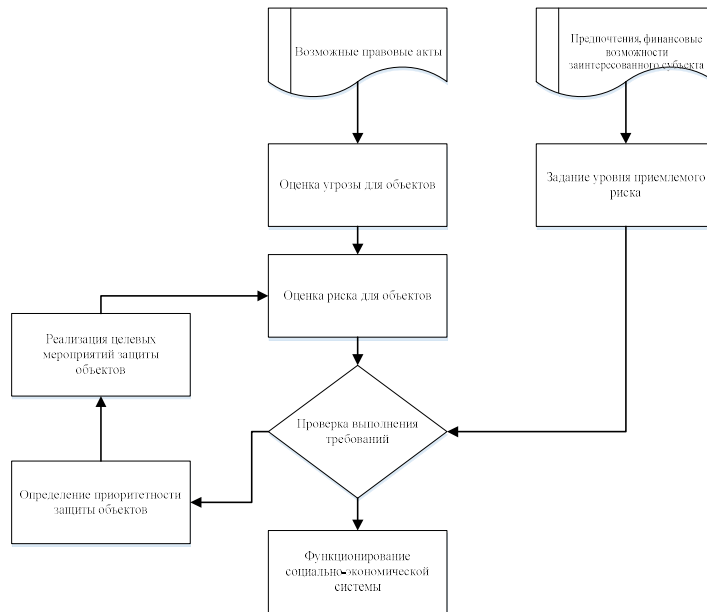


Рис. 2 Схема алгоритма управления защищенностью нефтетанкера

На основе проведённого анализа убытков нефтегазовой отрасли за последнее время, можно сделать вывод о необходимости разработки алгоритма проектирования архитектуры комплекса проблемно-ориентированных программ оценки риска развития пожароопасной ситуации и определения последствий пожара на морских объектах нефтегазового комплекса [6].

Обобщённо, процедуру можно разделить на три основные группы:

- задание требований к инженерно-технической защищенности объектов;
- оценка защищенности объектов;
- обеспечение защищенности объектов.

Чтобы оценить уязвимость объекта защиты и определить степень реализации угроз, необходима разработка методики расчета вероятностных показателей и определения последствий пожара на нефтяном танкере [7].

Для разработки эффективной методики, предварительно было сформировано дерево событий (живучести) объекта и свертки частных вероятностей возникновения пожароопасных и аварийных ситуаций на объекте защиты.

При применении общегосударственных критериев ограничивается возможность по дифференциации требований к объектам организации. Так, все объекты корпорации, даже при использовании 10-уровневой общегосударственной шкалы, могут оказаться в одной-двух категориях при их установлении с позиций государства [8].

Шкалу критериев необходимо разрабатывать применительно к масштабу и специфике производственной (или другой) деятельности заинтересованного субъекта [9]. Критерии категорирования в шкале целесообразно структурировать по составляющим последствиям. Задача выработки критериев при разработке шкалы последствий облегчается благодаря тому, что составляющие последствий коррелированы вследствие их зависимости по входным воздействиям. Пример смешанной качественно-количественной шкалы (абсолютной и относительной) приведен в Таблицу.

В естественных шкалах, которые, как правило, являются количественными, применяются обычные значения величин. Например, стоимость потери того или иного вида собственности выражается в денежных единицах, несчастные случаи характеризуются их количеством и т.д. Субъективные (большей частью качественные) шкалы создаются в тех случаях, когда возникает необходимость количественной оценки такого вида ущерба, для измерения которого отсутствует

естественная шкала (или отсутствует возможность получения численных значений по естественной шкале).

Таблица. Пример смешанной полуколичественной шкалы оценки последствий реализации опасностей на нефтетанкере

Класс	Пострадавшие	Ущерб материальным	Окружающая среда	Общественное мнение
1.	Без травм и вреда здоровью	Без сбоев производства, ущерб менее 10 тыс. \$	Загрязнение, ограниченное рамками производственной площадки и ликвидируемое в процессе обычной производственной деятельности	Иск со стороны третьих лиц менее чем на 10 тыс. \$. Информация о происшествии не обнаружится
2.	Первая доврачебная или первая врачебная помощь	Кратковременный сбой в производстве, ущерб от 10 до 100 тыс. \$	Загрязнение, ограниченное территорией предприятия, не представляющее угрозы окружающей среде	Иск со стороны третьих лиц менее чем на 100 тыс. \$. Отклики в местных СМИ, телефонные жалобы на компанию со стороны местного населения
3.	Серьезное повреждение, расширенная медицинская помощь, госпитализация или временная частичная нетрудоспособность	Частичная остановка производства с возможностью немедленного восстановления, ущерб от 100 тыс. до 1 млн \$	Загрязнение, ограниченное территорией предприятия, которое может вызвать загрязнение окружающей среды, незначительное загрязнение соседствующих с предприятием территорий	Корпоративный штраф на сумму менее 100 тыс. \$. Иск со стороны третьих лиц на сумму от 100 до 500 тыс. \$. Медиакомпания против предприятия на региональном уровне
4.	Многочисленные серьезные повреждения, временная полная нетрудоспособность	Остановка объекта на 2 недели, ущерб от 1 до 10 млн \$	Заражение площадей за пределами производственного объекта, которое невозможно ликвидировать собственными средствами предприятия. Утечка загрязняющих веществ на уязвимые территории	Корпоративный штраф на сумму от 100 тыс. до 1 млн \$. Иски третьих лиц на сумму от 500 тыс. до 5 млн \$. Широкая медиакомпания против предприятия на национальном уровне
5.	Минимум один случай повреждений со смертельным исходом, частичной или полной постоянной потери трудоспособности	Полная или почти полная остановка производства, ущерб от 10 до 100 млн \$	Массивный выброс загрязняющих веществ, значительный долговременный ущерб окружающей среде. Утечка загрязняющих веществ на крайне уязвимые территории	Корпоративный штраф от 1 до 10 млн \$. Штрафование служащих. Многочисленные иски со стороны третьих лиц на сумму от 5 до 50 млн \$. Мощная медиакомпания против предприятия на национальном и международном уровнях. Правительственное расследование
6.	Множественные случаи повреждений со смертельным исходом, полной или частичной постоянной потери трудоспособности	Необратимое прекращение производственного процесса или окончательный вывод из строя оборудования, ущерб более 100 млн \$	Крупномасштабный необратимый ущерб окружающей среде	Лишение свободы управляющего или директора. Корпоративный штраф суммой более 10 млн \$. Многочисленные иски со стороны третьих лиц на общую сумму более 50 млн \$

В общем виде вероятный совокупный ущерб от преднамеренных воздействий на рассматриваемых объектах (по основным составляющим) включает в себя:

- прямые потери эксплуатирующей организации;
- затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, вызванной внешними преднамеренными воздействиями по отношению к объекту;
- социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей, включая потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности);
- косвенный ущерб;
- экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды).

Следует отметить, что категорирование объектов не решает проблемы обеспечения безопасности и лишь позволяет установить степень потенциальной опасности и общие требования к системе защиты каждого конкретного объекта [10]. При этом, важной задачей после

проведения категорирования объектов защиты является их разделение по группам (очередям) оснащения.

Как правило, выделяют три очереди оснащения [11]:

- объекты первоочередного оснащения (I очередь);
- объекты, оснащение которых может быть осуществлено позднее (II очередь);
- объекты, которые могут быть оснащены на завершающем этапе, когда первые две группы уже профинансированы и оснащены в должной мере (III очередь).

Для решения задачи снижения риска возникновения и развития аварийных ситуаций, предлагается использовать анализ LOPA, в котором возможные последствия рассчитываются до порядка величины серьезности, что значительно проще, чем математическое моделирование, но при этом позволяет сравнивать риски различных сценариев [12].

Анализ LOPA может выполняться непосредственно после анализа опасностей HAZOP или одновременно с ним, или после повторного подтверждения результатов этих анализов [12].

Матрица оценки рисков обеспечивает качественный анализ уровня риска нежелательного события во время выполнения данного вида работ на объекте защиты [13].

При формировании перечня значимых опасностей и рисков в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды (ПБ, ОТ и ООС) к значимым относятся риски, результат оценки которых составляет 8-25. За счёт перемножения масштаба воздействия, который составляет от 1 до 5, и вероятности возникновения риска от 1 до 5, получается оценка уровня риска, которая может принимать значение от 1 до 25 [14].

Алгоритм оценки рисков приведен на Рис. 3.

Таким образом, методика расчета вероятностных показателей и определения последствий пожара на нефтяном танкере заключается в следующем.

На основе вероятности возникновения инцидента и нанесённого ущерба строится диаграмма рисков. Затем на основе полученных данных составляют таблицу возможных инцидентов, после чего проводят идентификацию рисков и их качественную (полуколичественную) оценку [15].

Для верификации и практического использования разработанных методики и алгоритмов создана компьютерная программа, позволяющая проводить расчеты вероятностных показателей и определение последствий пожара на нефтяном танкере.

При разработке программного комплекса использовали язык программирования C#, программную платформу *.NET Framework*, также использовалась математическая библиотека классов *ILNumerics*.

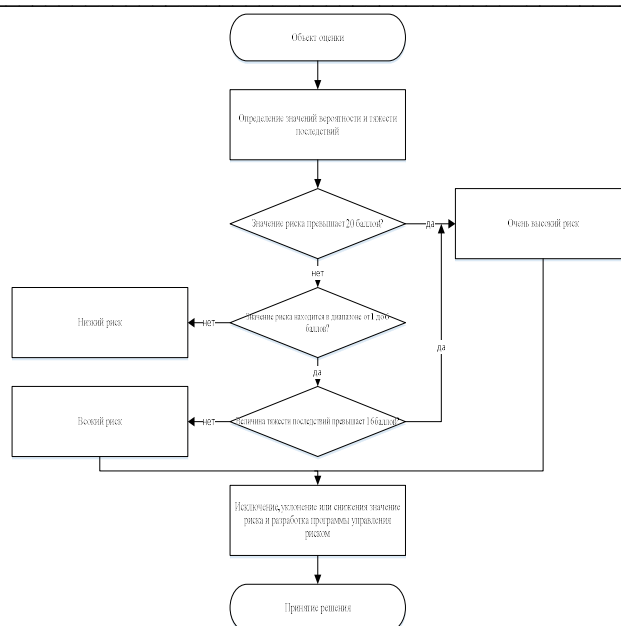


Рис. 3 Схема алгоритма оценки риска

Предложенная методика расчета вероятностных показателей и определения последствий пожара на нефтяном танкере, позволяет, на основе вероятности возникновения инцидента и нанесённого ущерба, получить диаграмму рисков. Матрица оценки рисков обеспечивает качественный (полуколичественный) анализ уровня риска нежелательного события на объекте защиты и формирует шкалу перечня значимых опасностей.

Разработанная методика расчета вероятностных показателей и определения последствий пожара на нефтяном танкере реализована в виде специального программного обеспечения для ЭВМ. Кроме того, показано, что управление безопасностью нефтеналивного танкера следует рассматривать в системе: добыча – транспортировка на берег – погрузка на нефтеналивные танкеры – транспортировка на основе общей процедуры.

Список источников

1. Калач А.В. Анализ аварийности развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере / А.В. Калач, С.В. Шарапов, А.С. Крутолапов, Ф.В. Демехин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2020. – № 4 (19). – С. 38-43.
2. Авдотьев В.П. Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / В.П. Авдотьев, М.М. Дзыбов, К.П. Самсонов. Монография: М. ВНИИГОЧС, 2012. – 467 с.
3. Арбузов Н. С. Обеспечение технологической безопасности гидравлической системы морских нефтеналивных терминалов в процессе налива судов у причальных сооружений: теория и практика: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.26.02 / Арбузов Николай Сергеевич; [Место защиты: Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина]. – Москва, 2015. – 51 с.
4. Интернет-ресурс <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-dobychi-i-pererabotki-nefti-2022-tek-pod-sanktsiyami/> [доступ 01.07.2022].
5. Двас Г.В. К вопросу о формировании методических рекомендаций по совершенствованию управления экологическими рисками в мультимодальных транспортных комплексах, осуществляющих транспортировку углеводородов, на основе сравнительного анализа действующих моделей / Г.В. Двас, М.А. Голенцова // Актуальные проблемы экономики и стратегического управления развитием топливно-энергетического комплекса. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2014. – С. 206а-230.

6. Рукомойникова (Голенцова) М.А. Ранжирование техногенных экологических рисков при мультимодальном транспорте углеводородов / М.А. Рукомойникова (Голенцова) // Журнал правовых и экономических исследований. – 2012. – № 2. – С. 162-165.
7. Домнина О.Л. Оценка риска возникновения транспортных происшествий на реках в границах республики Татарстан / Домнина О.Л., Пластинин А.Е., Батанина Е.А., Наумов В.С. // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 4-2 (46). – С. 79-84.
8. Мордвинова, А.В. Методы управления пожарным риском морских стационарных нефтегазодобывающих платформ / А.В. Мордвинова, Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко и др. // Газовая промышленность. – 2014. – № S712. – С. 30-34.
9. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. IV. Противопожарная защита. СПб., 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf (дата обращения: 03.05.2021).
10. НД 2-020201-013. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293766/4293766439.htm> (дата обращения: 03.05.2021).
11. Шацкова Ю.В. Повышение безопасности эксплуатации морских перегрузочных комплексов (терминалов) на основе оценки риска и мониторинга экстремальных природных явлений / Ю.В. Шацкова: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Морская государственная академия им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. Новороссийск, 2012. – 180 с.
12. Рябинин И.А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И.А. Рябинин, Г.Н. Черкесов. – М.: Радио и связь, 1981. – 264 с.
13. Черкесов Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. – М.: Знание, 1987. – 116 с.
14. Кравец В. А. Системный анализ безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1984. – 117 с.
15. Драпак К.А. Анализ и оценка рисков СПГ-терминала с помощью диаграммы рисков / К.А. Драпак, Е.Г. Крылов, А.В. Капитанов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2021. – № 2 (57). – С. 37-43.

List of sources

1. Kalach A.V. Analysis of the accident rate of the development of a fire hazardous situation on an oil tanker / A.V. Kalach, S.V. Sharapov, A.S. Krutolapov, F.V. Demekhin // Siberian Fire and Rescue Bulletin. - 2020. - № 4 (19). pp. 38-43.
2. Avdot'in V.P. Assessment of damage from emergency situations of natural and technogenic character / V.P. Avdot'in, M.M. Dzybov, K.P. Samsonov. Monograph: M. VNIIGOCHS, 2012. - 467 p.
3. Arbuzov N. S. Ensuring the technological safety of the hydraulic system of offshore oil terminals in the process of loading ships at berthing facilities: theory and practice: Abstract of the thesis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.26.02 / Arbuzov Nikolay Sergeevich; [Place of protection: Ros. state un-t of oil and gas them. THEM. Gubkin]. - Moscow, 2015. - 51 p.
4. Internet resource <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-dobychi-i-pererabotki-nefti-2022-tek-pod-sanktsiyami/> [accessed 07/01/2022].
5. Dvas G.V. To the question of the formation of methodological recommendations for improving the management of environmental risks in multimodal transport complexes that carry out the transportation of hydrocarbons, based on a comparative analysis of existing models / G.V. Dvas, M.A. Golentsova // Actual problems of economics and strategic management of the development of the fuel and energy complex. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Economics, 2014. pp. 206a-230.
6. Rumoynikova (Golentsova), M.A. Ranging of technogenic environmental risks in the multimodal transport of hydrocarbons / M.A. Rukomoynikova (Golentsova) // Journal of Legal and Economic Research. - 2012. - No. 2. - S. 162-165.

7. Domnina O.L. Assessment of the risk of traffic accidents on rivers within the boundaries of the Republic of Tatarstan / Domnina O.L., Plastinin A.E., Batanina E.A., Naumov V.S. // Marine intelligent technologies. - 2019. - No. 4-2 (46). pp. 79-84.
8. Mordvinova A.V. Fire risk management methods for offshore stationary oil and gas platforms / A.V. Mordvinova, D.M. Gordienko, Yu.N. Shebeko and others // Gas industry. - 2014. - No. S712. pp. 30-34.
9. Rules for the classification and construction of ships. Part IV. Fire protection. SPb., 2016 [Electronic resource]. Access mode: http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf (accessed 03.05.2021).
10. ND 2-020201-013. Rules for the classification, construction and equipment of floating drilling rigs and offshore fixed platforms [Electronic resource]. Access mode: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293766/4293766439.htm> (date of access: 05/03/2021).
11. Shatskova Yu.V. Improving the safety of operation of marine transshipment complexes (terminals) based on risk assessment and monitoring of extreme natural phenomena / Yu.V. Shatskova: Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Maritime State Academy. Admiral F.F. Ushakov. Novorossiysk, 2012. - 180 p.
12. Ryabinin I.A. Logical and probabilistic methods for studying the reliability of structurally complex systems / I.A. Ryabinin, G.N. Cherkesov. M.: Radio and communication, 1981. 264 p.
13. Cherkesov G.N. Methods and models for assessing the survivability of complex systems. - M.: Knowledge, 1987. - 116 p.
14. Kravets V. A. System safety analysis in the oil and gas industry. - M.: Nedra, 1984. - 117 p.
15. Drapak K.A. Analysis and risk assessment of an LNG terminal using a risk diagram / K.A. Drapak, E.G. Krylov, A.V. Kapitanov // Bulletin of MSTU "Stankin". - 2021. - No. 2 (57). S. 37-43.

Статья поступила в редакция 31.05.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 31.05.2022, approved after reviewing 19.09.2022, accepted for publication 29.09.2022.