

УДК 614.835.3

lourant9@rambler.ru

**АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА И АНАЛИЗА СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ  
ПОЖАРА НА НЕФТЯНОМ ТАНКЕРЕ****ALGORITHM FOR RISK ASSESSMENT AND ANALYSIS OF FIRE  
SCENARIOS ON AN OIL TANKER**

*Лоран Н.М.,  
Главное управление МЧС России по Кемеровской области Кузбассу, Кемерово*

*Loran N.M.,  
Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for  
the Kemerovo Region - Kuzbass, Kemerovo*

Статья посвящена вопросам решения некоторых проблем, возникающих при оценке рисков появления и развития пожароопасной ситуации на объектах нефтегазового комплекса России. Особое внимание уделено алгоритмизации подхода по обеспечению противопожарной защиты объектов хранения и наливных терминалов, а также транспортировки нефти и нефтепродуктов танкерными судами. Использован полуколичественный анализ оценки рисков LOPA, позволяющий дать оценку различным опасным сценариям, для определения последствий и исходных событий, приводящих к риску их возникновения, с учётом действия всех независимых уровней защиты объекта. Для качественной оценки применена дискретная шкала критериев рисков. Получена матрица оценки рисков, позволяющая сформировать шкалу перечня значимых опасностей и обеспечивающая полуколичественный анализ уровня риска появления негативного пожароопасного события на объектах защиты. Предложен оригинальный алгоритм оценки риска развития пожара. Сделан вывод о возможности использования полученных результатов для поддержки принятия решений по повышению эффективности обеспечения пожарной безопасности на нефтяных танкерах. Полученные результаты реализованы в виде специализированного пакета прикладных программ для современного и прогрессивного решения проблем обеспечения пожарной безопасности.

*Ключевые слова:* оценка рисков, пожарная безопасность, нефтегазовый комплекс, анализ опасностей.

The article presents data on some problems in assessing the risks of a fire situation at oil and gas facilities in Russia. Particular attention is paid to the algorithmic approach to ensuring fire protection of storage facilities and loading terminals, as well as the transportation of oil and oil products by tanker ships. A semi-quantitative LOPA risk assessment analysis was used, evaluating various dangerous scenarios, to determine the consequences and initiating events leading to the risk of their occurrence, taking into account the operation of all independent levels of protection of the object. Based on a qualitative assessment, a discrete scale of risk criteria was applied. A risk assessment matrix has been obtained, which makes it possible to form a scale for the list of significant hazards and provides a discrete (semi-quantitative) analysis of the level of risk of a negative event at protected objects. An algorithm for assessing the risk of fire development for the considered objects of protection is proposed. The conclusion is made about the possibility of using the results obtained in the implementation of solutions to improve the quality of fire safety on oil tankers and other objects of the oil and gas complex. It is indicated that the

results obtained are implemented in the form of software for a modern and progressive solution to the problems of ensuring fire safety.

*Keywords:* risk assessment, fire safety, oil and gas complex, hazard analysis.

В последние годы, в связи с урбанизацией и индустриализацией, количество перевозок морским транспортом существенно возросло. Кроме того, с увеличением объема перевозок легковоспламеняющихся материалов несчастные случаи с пожарами стали становятся все более катастрофическими. С увеличением количества нефтеперевозок танкерными судами растёт угроза загрязнения экологической обстановки в акватории портов. В связи с этим на первый план выходит комплексная проблема обеспечения защиты нефтяных танкеров от пожаров, имеющая самостоятельные и сложные задачи, перед решением которых необходимо оценивать эффективность принятых проектно-технических и организационных решений, проводить анализ уязвимости, осуществлять выбор типовых требований обеспечения пожарной безопасности объектов различных категорий, а также эффективно-стоимостную оптимизацию структуры и состава.

Прочность объектов защиты, связанных с нефтегазовым комплексом, во многом зависит от избежания наступления возможных негативных последствий, сопряженных с различными последствиями промышленных аварий и других чрезвычайных ситуаций [1].

Риск аварийности на объектах защиты не может быть сведен к нулю только

лишь превентивными мероприятиями, так как имеются объективные (вероятностные) факторы, приводящие к незапланированным потерям.

К таким факторам можно отнести природные и техногенные чрезвычайные ситуации, человеческий фактор и ошибки, допущенные на стадии проектирования и строительства, поджоги, спланированные взрывы и т. д.

Основываясь на анализе ущерба, причинённого нефтегазовой отрасли в последнее время, возникает необходимость в разработке алгоритма проектирования архитектуры комплекса проблемно-ориентированных программ оценки риска развития пожароопасной ситуации и определения последствий пожара на танкерах и связанных с ними объектами нефтекомплекса [2].

Оценка уязвимости объекта защиты и определения возможности угроз основывается на методике расчета вероятностных показателей и определения последствий пожара на нефтяном танкере, для разработки которой необходим алгоритм оценки риска и анализа сценариев развития пожара на нефтяном танкере [3].

Создание данного алгоритма определяется особенностями объекта защиты и технологических процессов на нем (рис. 1).

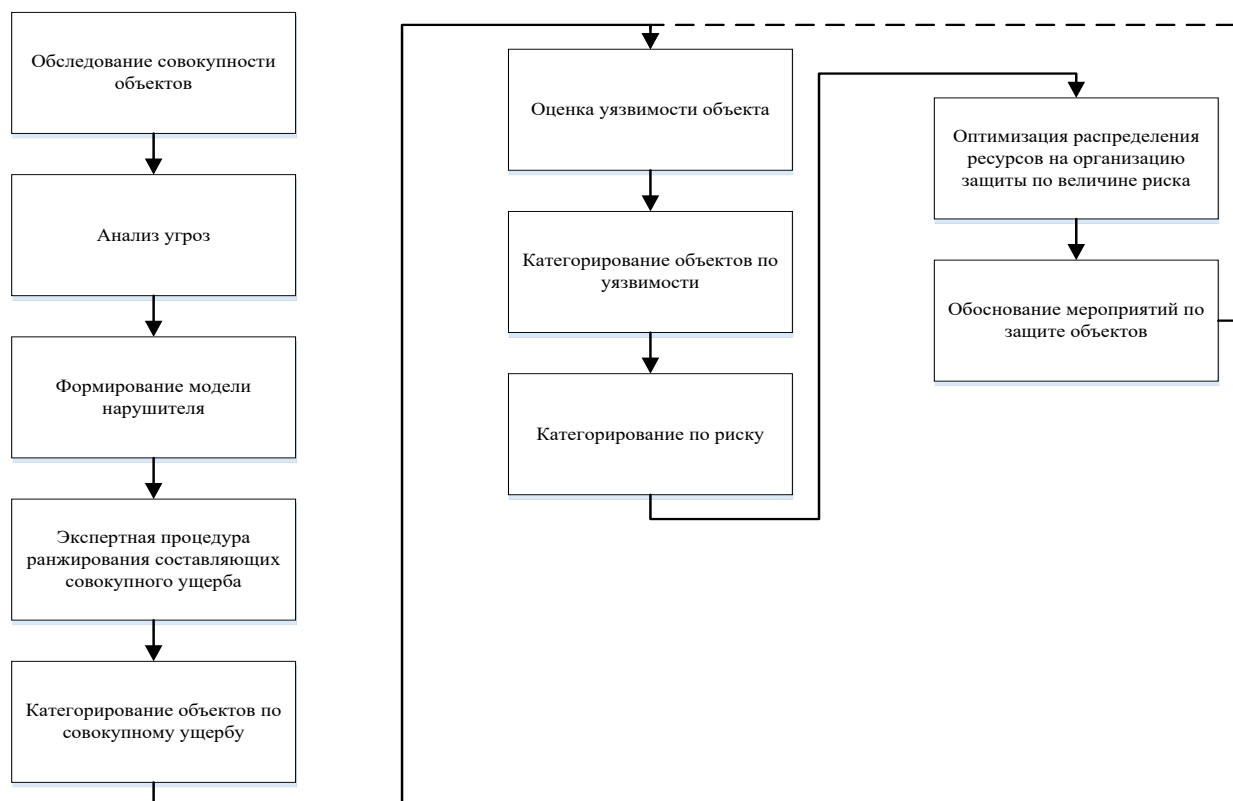


Рис. 1. Схематичное изображение алгоритмического подхода к обеспечению защиты объектов нефтегазового комплекса

Для оценки ущерба от наступления негативных последствий в настоящее время не существует какой-то универсальной шкалы. В России, согласно постановлению правительства Российской Федерации, в качестве критериев для категорирования по потенциальной опасности используют классификацию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (в зависимости от тяжести последствий). Применение таких обобщённых критериев ограничивает возможности дифференцирования требований к различным объектам.

Шкала критериев для создания алгоритма оценки рисков разрабатывается относительно масштаба и специфики производственной (или иной) деятельности объекта защиты [4]. Выстраиваем структуру шкалы категорирования по составляющим последствий, которые связаны в зависимости воздействий. Чтобы достичь желаемого результата, применяем субъективные (в основном дискретные) шкалы,

чтобы получить количественную оценку ущерба (в условиях отсутствия естественной шкалы или невозможности получения по ней численных значений).

Возможные негативные последствия по ключевым элементам от преднамеренных воздействий содержат в себе непосредственные потери, а также расходы на ликвидацию и расследование аварии, социально-экономические потери, природоохранные и побочные потери.

Разделение объектов защиты по категориям само по себе не решает проблемы обеспечения безопасности, а лишь устанавливает общие требования к системе защиты каждого конкретного объекта и степень потенциальной опасности.

Объекты защиты после их категорирования необходимо дифференцировать в зависимости от очереди оснащения. Объекты I очереди нуждаются в срочном оснащении, оснащение объектов II очереди может осуществляться позднее, а оснащение

объектов III очереди может быть оснащено на последнем этапе [5].

Для создания алгоритма оценки рисков воспользуемся анализом уровня защиты LOPA, позволяющим сравнивать

различные сценарии рисков, рассчитывая возможные последствия до порядка величины серьезности, что необходимо для построения шкалы критериев [6]. Схема процесса анализа приведена на рис. 2.

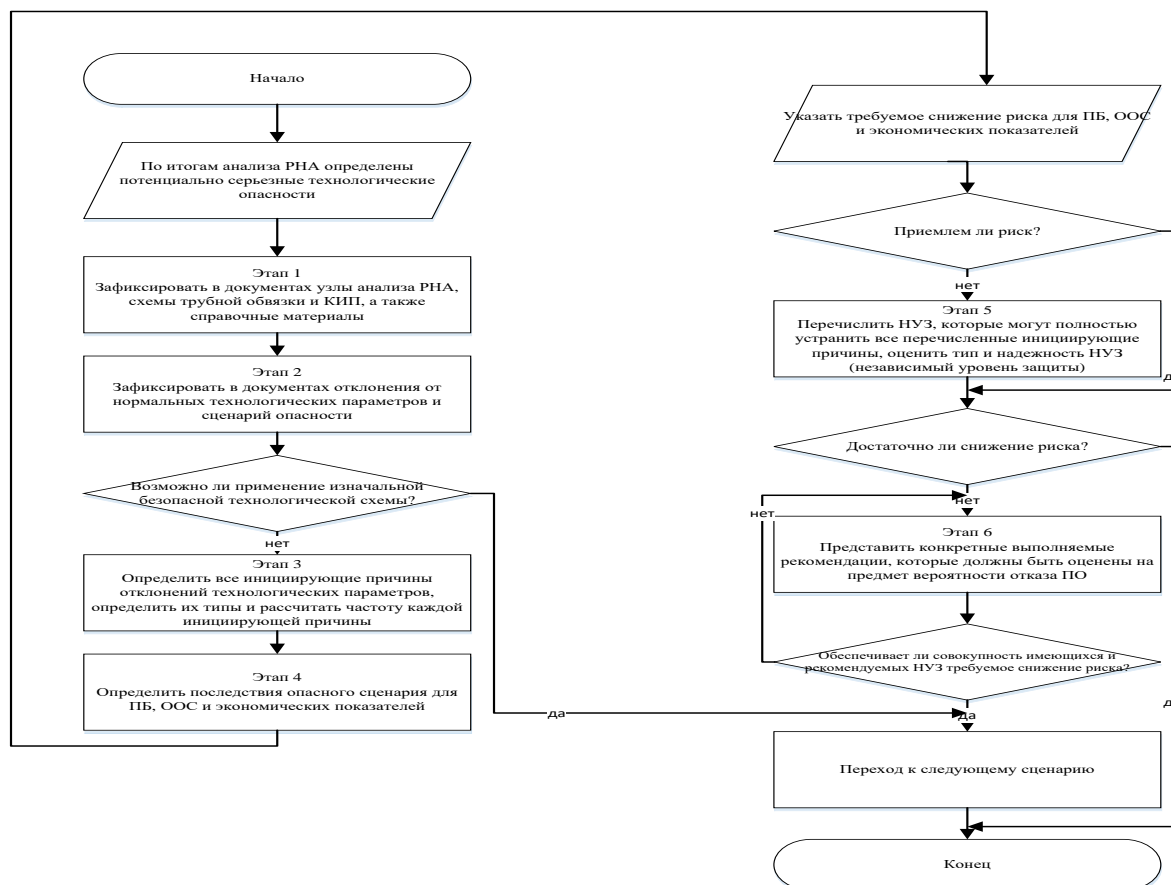


Рис. 2. Схема процесса анализа уровней защиты LOPA

На основе проведенного анализа вероятности возникновения происшествия и причиненного ущерба строится диаграмма рисков, затем составляется таблица возможных негативных сценариев. Полученная таблица используется для определения рисков и их дискретной (полуколичественной) оценки [7].

Путём перемножения масштаба и вероятности возникновения риска (результат которых составляет от 1 до 5) получаем оценку уровня риска, показатели которой

находятся в диапазоне от 1 до 25. При формировании матрицы оценки рисков учитывается что, к значимым относятся риски с результатом оценки 8 – 25 [8].

Итогом проведенного анализа стала матрица оценки рисков, обеспечивающая дискретный анализ уровня риска негативного события при проведении различных операций на объекте защиты [9].

Полученный алгоритм оценки рисков приведен на рис. 3.

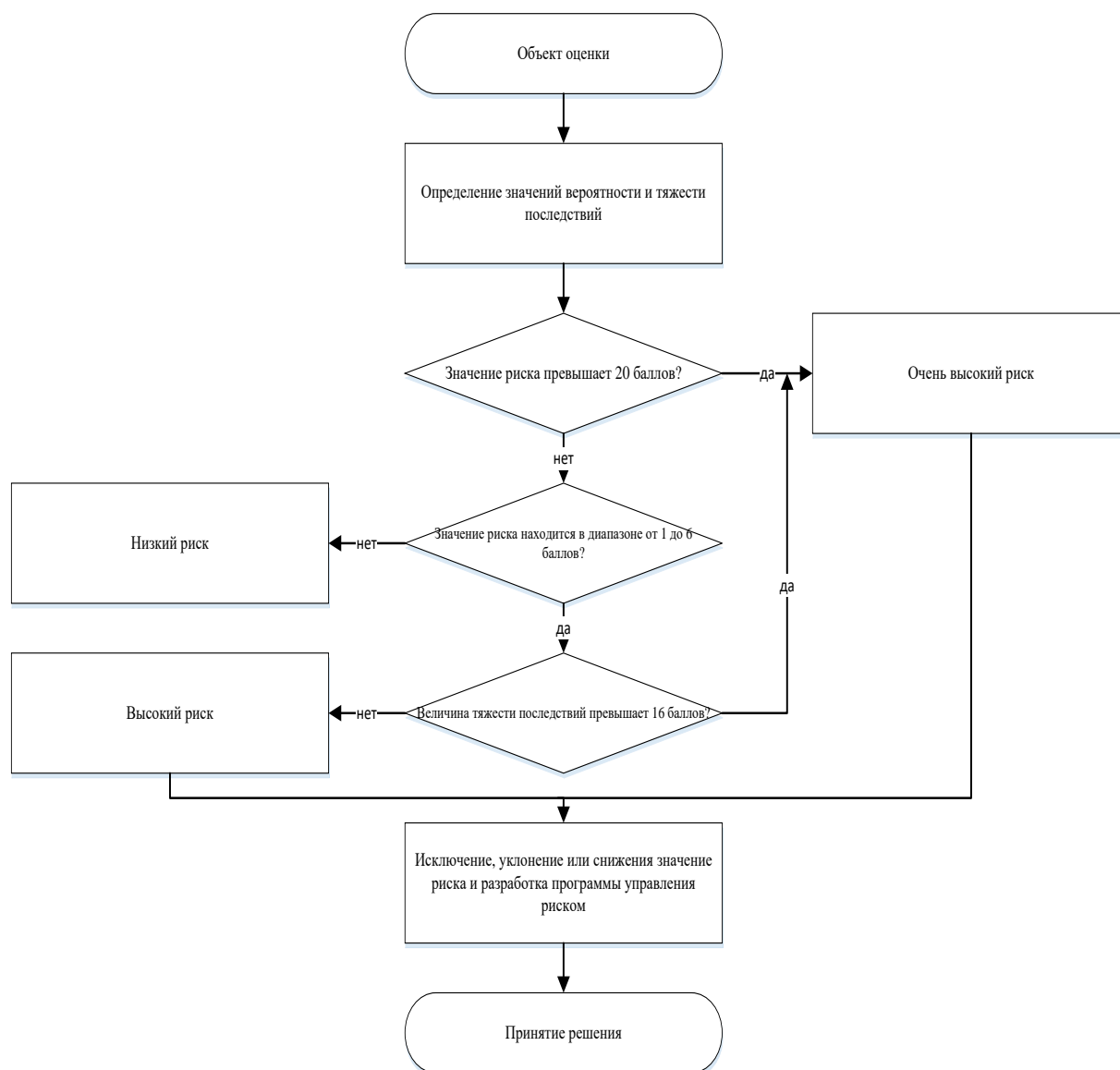


Рис. 3 Схема разработанного алгоритма оценки риска

Для верификации и практического использования разработанного алгоритма получен патент на специальное программное обеспечение для ЭВМ, позволяющее

проводить расчеты вероятностных показателей и определять последствия пожара на нефтяном танкере [10].

## Литература

1. Калач А. В. и др. Анализ аварийности развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 4 (19). С. 38–43.
2. Рукомойникова (Голенцова) М. А. Ранжирование техногенных экологических рисков при мультимодальном транспорте углеводородов // Журнал правовых и экономических исследований. 2012. № 2. С. 162–165.
3. Домнина О. Л. и др. Оценка риска возникновения транспортных происшествий на реках в границах республики Татарстан // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 4-2 (46). С. 79–84.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. IV. Противопожарная защита. СПб., 2016. URL: [http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087\\_6.pdf](http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf) (дата обращения: 03.05.2021).
5. Шацкова Ю. В. Повышение безопасности эксплуатации морских перегрузочных комплексов (терминалов) на основе оценки риска и мониторинга экстремальных природных явлений: дис. ... канд. техн. наук. Новороссийск, 2012. 180 с.
6. Рябинин И. А., Черкесов Г. Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. М., 1981. 264 с.
7. Драпак К. А., Крылов Е. Г., Капитанов А. В. Анализ и оценка рисков СПГ-терминала с помощью диаграммы рисков // Вестник МГТУ «Станкин». 2021. № 2 (57). С. 37–43.
8. Черкесов Г. Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. М., 1987. 116 с.
9. Кравец В. А. Системный анализ безопасности в нефтяной и газовой промышленности. М., 1984. 117 с.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 20.06.2022 № 2022661853 / Калач А. В., Смоленцева Т. Е., Лоран Н. М., Паршина А. П. Система оценки риска.

## References

1. Kalach A. V. i dr. Analiz avarijnosti razvitiya pozharoопасnoj situacii na neftyanom tankere // Sibirskij požarno-spatatel'nyj vestnik. 2020. № 4 (19). S. 38–43.
2. Rukomojnikova (Golencova) M. A. Ranzhирование tekhnogennyh ekologicheskikh riskov pri mul'timodal'nom transporte uglevodorodov // ZHurnal pravovyh i ekonomicheskikh issledovanij. 2012. № 2. S. 162–165.
3. Domnina O. L. i dr. Ocenka riska vznikoveniya transportnyh proisshestvij na rekah v granicah respubliki Tatarstan // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 4-2 (46). S. 79–84.
4. Pravila klassifikacii i postrojki morskih sudov. CH. IV. Protivopozharnaya zashchita. SPb., 2016. URL: [http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087\\_6.pdf](http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf) (data obrashcheniya: 03.05.2021).
5. Shackova YU. V. Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii morskih peregruzochnyh kompleksov (terminalov) na osnove ocenki riska i monitoringa ekstremal'nyh prirodnyh yavlenij: dis. ... kand. tekhn. nauk. Novorossijsk, 2012. 180 s.
6. Ryabinin I. A., Cherkesov G. N. Logiko-veroyatnostnye metody issledovaniya nadezhnosti strukturno-slozhnyh sistem. M., 1981. 264 s.
7. Drapak K. A., Krylov E. G., Kapitanov A. V. Analiz i ocenka riskov SPG-terminala s pomoshch'yu diagrammy riskov // Vestnik MGTU «Stankin». 2021. № 2 (57). S. 37–43.
8. Cherkesov G. N. Metody i modeli ocenki zhivuchesti slozhnyh sistem. M., 1987. 116 s.
9. Kravec V. A. Sistemnyj analiz bezopasnosti v neftyanoj i gazovoj promyshlennosti. M., 1984. 117 s.
10. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM ot 20.06.2022 № 2022661853 / Kalach A. V., Smolenceva T. E., Loran N. M., Parshina A. P. Sistema ocenki riska.