

УДК 656.073: 656.085.5  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2020.79.36.006

## АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ НА НЕФТЯНОМ ТАНКЕРЕ

*Калач А.В.<sup>1</sup>, д.х.н., профессор; Шарапов С.В.<sup>2</sup>, д. т. н., профессор;  
Крутолапов А.С.<sup>2</sup>, д. т. н., доцент; Демехин Ф.В.<sup>2</sup>, д. т. н.*

*<sup>1</sup>Воронежский институт ФСИН России*

*<sup>2</sup>Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

### **Аннотация:**

В данной статье представлены результаты по анализу аварийности и развитию пожароопасной ситуации на нефтяном танкере методом компьютерного моделирования. Проведены анализ и обобщения статистических данных по аварийности на объектах газо – и нефтедобычи. Также была осуществлена оценка рисков, которая производилась на основании данных, полученных в ходе изучения произошедших аварий. Особое внимание при этом уделено аварийности нефтяных танкеров.

**Ключевые слова:** аварийность, пожарная безопасность, анализ, нефтегазовый комплекс, компьютерное моделирование, танкер.

## ANALYSIS OF ACCIDENTS AND DEVELOPMENT OF A FIRE HAZARD SITUATION ON AN OIL TANKER

*Kalach A.V.<sup>1</sup>, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Chemical Sciences, Full Professor;  
Sharapov S.V.<sup>2</sup>, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences, Full Professor;  
Krutolapov A.S.<sup>2</sup>, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences, Docent;  
Demekhin F.V.<sup>2</sup>, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences*

*<sup>1</sup>VRI of the FPS of Russia*

*<sup>2</sup>Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

### **Abstract:**

The article presents data on the analysis of accidents and the development of a fire hazard situation on an oil tanker using computer modeling. The analysis and generalization of statistical data on accidents at gas and oil production facilities carried out. Special attention paid to the accident rate of oil tankers.

**Keywords:** accident rate, fire safety, analysis, oil and gas complex, computer modeling, tanker.

Так как основная часть месторождений топливно-энергетических ресурсов нашей страны сконцентрирована в наиболее отдаленных районах [1], роль транспортной системы очень велика. Ведь благодаря ее правильно выстроенной и слаженной работе решаются основные задачи работы промышленных комплексов: стабилизируется рост благосостояния страны, а это в свою очередь обеспечивает единое экономическое пространство и территориальную целостность, что является одним из признаков независимого и сильного государства [2]. Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса базируется на физической безопасности объектов, а также на совокупности мер обеспечения контрольно-пропускного режима; пожаро- и взрывобезопасности, защите от техногенных аварий; промышленной безопасности объектов; информационной безопасности [3-5]. Всесторонне грамотно продуманный и качественно реализованный подход к обеспечению безопасности является залогом нормального функционирования комплекса.

По данным федерального агентства морского и речного транспорта на морских бассейнах Российской Федерации несут аварийно-спасательную готовность ФГБУ «Морспасслужба», 9 его филиалов (Архангельский, Балтийский, Калининградский, Северный, Азово-Черноморский, Каспийский, Приморский, Сахалинский, Камчатский), ФГБУ «СКЦ Росморречфлота», морские спасательно-координационные центры, морские спасательные подцентры [6].

Катастрофы танкеров влекут за собой значительные проблемы и порой непоправимые последствия. Уносят жизни людей и обитателей морей и океанов, наносят ущерб их здоровью и состоянию окружающей среды. По данным статистики возникновения аварийных ситуациях наиболее часто способствует человеческий фактор — халатное отношение к своим обязанностям, некомпетентность, принятие неверного решения. Из-за этого происходят столкновения, взрывы, пожары и многие другие печальные последствия [7-9]. В табл. 1 представлены данные по авариям на объектах газо – и нефтедобычи [10].

**Таблица 1. Статистика аварий по отраслям промышленности**

Отрасль	Количество аварий	
	2017 г	2018 г
Объекты нефтедобычи	16	9
Объекты газодобычи	0	0
Всего:	16	9

В 2018 году произошло снижение по сравнению с 2017 годом показателей аварийности, связанных: с открытыми фонтанами и выбросами (на 6 аварий, или на 33% от общего числа аварий); со взрывом и пожаром (на 2 аварии, или 11% от общего числа аварий).

В ходе анализа было выявлено, что процент аварий, в результате которых происходили разрушение технических устройств и разлив нефтепродуктов, остался без изменений. А процент аварий, связанных с падением буровых вышек, повысился (табл. 2).

**Таблица 2. Основные показатели аварийности на объектах нефтегазодобычи**

Вид аварии	2017 г.		2018 г.		Δ
	Кол-во аварий	%	Кол-во аварий	%	
Открытые фонтаны и выбросы	9	56	3	33	-6
Взрывы и пожары на объектах	3	19	1	11	-2
Падение буровых (эксплуатационных) вышек, разрушение их частей	0	0	1	11	+ 1
Прочие (разрушение технических устройств, разливы нефтесодержащей жидкости)	4	25	4	45	0
Всего:	16	100	9	100	-7

Наиболее частыми причинами возникновения аварий были факторы, связанные с внутренним состоянием технических устройств (1 случай/ 11%); ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства газоопасных, огневых и ремонтных работ, а также организации работ по обслуживанию оборудования (8 случаев/ 89%). Пожары на водных контейнеровозах являются одной из крупнейших опасностей для мировой судоходной отрасли.

Данные факты следует учитывать при обеспечении пожарной безопасности на водном транспорте. Международный союз морского страхования (IUMI) призывает внести поправки в правила пожарной безопасности на судах, в связи с тем, что крупные пожары на контейнеровозах относятся к числу самых тяжелых опасностей мировой судоходной отрасли. Каждый пожар на объекте водного транспорта приводит

к ущербу или даже потере груза, судна и оказывает негативное влияние на окружающую среду. Кроме того, члены экипажа водного транспорта сталкиваются со значительными рисками при борьбе с такими пожарами с помощью имеющихся в наличии технических средств и оборудования [11-13].

Пожары на водном транспорте в открытом море, зачастую, могут продолжаться от пары часов до нескольких дней и даже недель, вплоть до прибытия помощи с земли. Как правило, лишь на морских буксирах присутствует все необходимое пожарно-техническое вооружение для эффективного пожаротушения. Традиционно исследователи делят пожары на грузовом водном транспорте на малые, средние и крупные.

Исходя из этой классификации на рис. 1 приведены данные о среднем времени ликвидации пожара на водном транспорте [11].

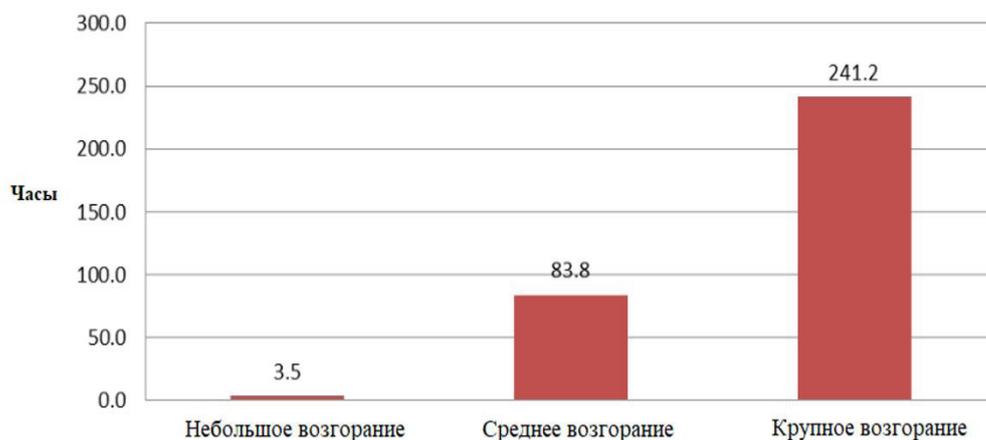


Рис. 1. Данные о среднем времени ликвидации пожара на водном транспорте

В ходе анализа причин пожаров на судах, перевозивших нефть было выявлено приоритетное направление дальнейшего изучения проблемы — создание методики оценки последствий пожара на корпусные конструкции танкера. Одним из пунктов при создании такой методики является моделирование развития пожароопасной ситуации на нефтяном танкере. Для наглядного изучения представлен чертеж отсеков и помещений танкера, предназначенного для перевозки нефти (рис.2).

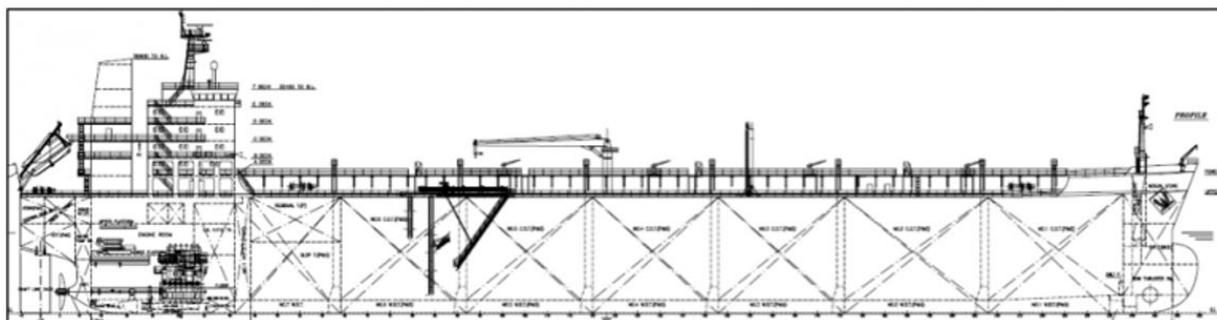


Рис. 2. Чертеж расположения отсеков и помещений танкера для перевозки нефтепродуктов.

В современном, динамически развивающемся мире интенсивность судоходства повысилась, в связи с этим возросло число происшествий, связанных со столкновением танкеров. Наибольшую опасность в таких случаях представляет то, что вытекшая из пробоин нефть, продолжает гореть на поверхности воды.

В связи с этим, цель исследования – моделирование распространения ОФП и определить время блокирования путей эвакуации.

В начальной стадии пожара горение происходит при достаточном количестве кислорода; количество пожарной нагрузки также не влияет на мощность горения.

Таким образом, для модели расчета времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, можно выбрать зонный метод математического моделирования пожаров.

Для моделирования процессов горения использовали программу «СИТИС: Блок 4.12» на основе модуля CFAST.

В качестве одного из наиболее неблагоприятных сценариев развития пожароопасной ситуации рассматривали розлив нефтепродукта в технологическом поддоне (из перекачивающего насоса) и его воспламенение. В этом случае будет наблюдаться загорание нефтепродукта практически сразу по всей площади, сопровождающееся большим тепловыделением и интенсивным нагревом ферм пламенем.

Модель части корпуса нефтяного танкера выполнена в графическом интерфейсе (рис. 3).

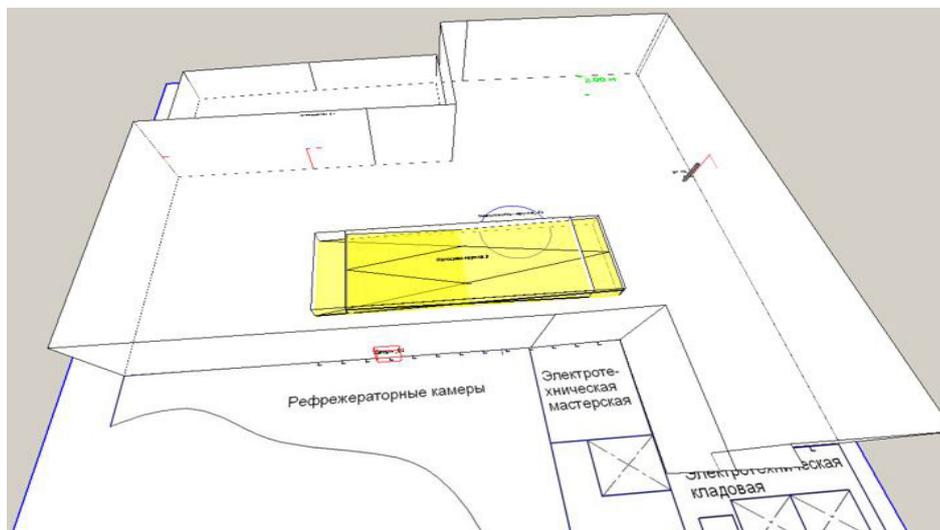


Рис. 3 Модель расчётного блока корпуса нефтяного танкера

В качестве расчётного принят один из блоков танкера. При этом машинное отделение, в котором располагается очаг пожара и анализируется динамика температуры, выполнено с наибольшей детализацией (рис. 4).

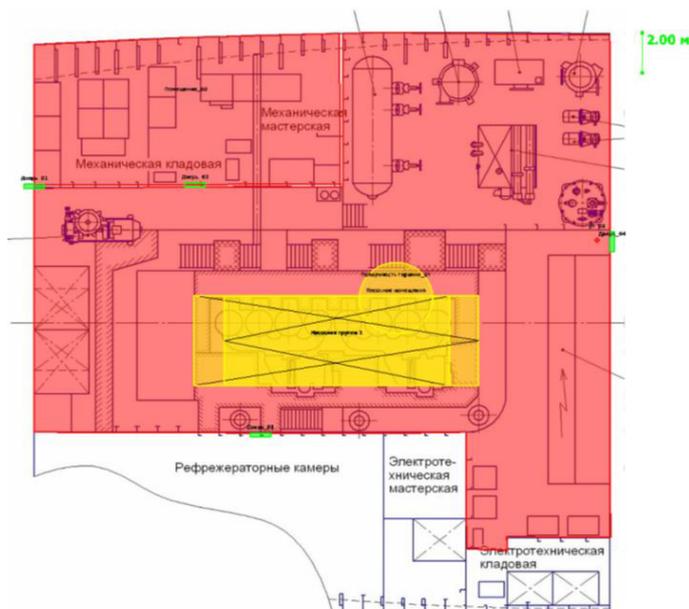


Рис. 4 Модель блока корпуса нефтяного танкера с детализацией

Результаты моделирования приведены в табл. 3. Применение компьютерного моделирования для анализа пожарной опасности на нефтяном танкере повысит скорость принятия решений и снизит вероятность ошибок при планировании противопожарных мероприятий, профилактике аварий, а также позволит эффективнее провести планирование и строительство системы обеспечения пожарной безопасности нефтяного судна.

Таблица 3. Значения опасных факторов пожара (по результатам моделирования)

Параметры	Ед. изм.	Значение
Высота	м.	1,7
Время блокирования	с.	14
По повышенной температуре	с.	26
По пониженному содержанию кислорода	с.	26
По СО	с.	27
По СО <sub>2</sub>	с.	223
По HCl	с.	> 600
По тепловому потоку	с.	14
По потере видимости	с.	27

Из результатов моделирования следует, что при рассматриваемой пожароопасной ситуации на нефтяном танкере время блокирования составляет всего 14 с. Все это говорит о том, что риск для людей, конструкции нефтяного танкера и окружающей среды может возрастать в несколько раз.

Анализ основных проблем и задач обеспечения пожарной безопасности на нефтяном танкере позволил установить условия и параметры, которые позволят в кратчайшие сроки провести оценку, локализацию и устранение пожароопасной ситуации с минимизацией потерь человеческих и материальных ресурсов, а также сформулировать критерии оценки безопасности, основанные на применении показателей риска.

### Литература

1. Кислицын Е.В., Панова М.В., Шишков Е.И. Проблемы предприятий нефтегазового комплекса России: тенденции и пути решения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т. 9. № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN317.pdf>. (дата обращения: 11.11.2020).
2. Палкина Е.С. Современное состояние и актуальные проблемы развития водного транспорта России // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2013. № 3 (22). С. 126-136.
3. Об утверждении перечня работ, непосредственно связанных с обеспечением безопасности объектов топливно-энергетического комплекса: Пр. Минист. энерг. РФ от 13 дек. 2011 г. № 587. URL: <https://base.garant.ru/70132916/> (дата обращения: 11.11.2020).
4. Люгай Д.В., Сафонов В.С. Обоснование возможных сценариев и оценка последствий утечек сжиженного природного газа при аварийных нарушениях герметичности грузовых емкостей танкеров // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2018. № 2 (34). С. 166-176.
5. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Особенности транспортировки отдельных видов опасных грузов / Риски транспортировки опасных грузов // ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М., 2011. С. 197-269.
6. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 11.11.2020).
7. Аунг Мио Вин. Моделирование поведения конструкции грузовых танков нефтеналивных судов при внутренних взрывах паров углеводородов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.08.03. СПб., 2010. 145 с.
8. Шарапов С.В., Крутолапов А.С., Копейкин Н.Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 1. С. 52-60. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.01.52-60.
9. Захматов В.Д., Турсенев С.А., Мироньчев А.В., Чернышов М.В., Озеров А.В., Дорожкин А.С. Анализ существующих и обоснование применения новой автоматической системы пожаровзрывозащиты судов, кораблей, нефтедобывающих платформ // Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность». 2018. Т. 27, № 9. С. 50-63.

10. URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/> (дата обращения: 11.11.2020).
11. Helge, R. Analysis of fires and firefighting operations on fully cellular container vessels over the period 2000 – 2015. Diploma dissertation for the award of the academic degree «Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr (FH)» (BSc equivalent in marine industrial engineering). 2016. 86 p.
12. URL:<https://iumi.com/> (дата обращения: 11.11.2020).
13. Шарапов С.В., Захматов В.Д., Калач А.В., Крутолапов А.С., Ловчиков В.А., Пророк В.Я. Экспертное исследование и ликвидация последствий пожаров нефтепродуктов: монография. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2017. 166 с.