

УДК 614.841.33

**ЧАСТОТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ  
СИТУАЦИЙ НА МОРСКИХ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМАХ**

**THE INCIDENCE OF FIRE AND EXPLOSION HAZARD SITUATIONS  
ON OFFSHORE DRILLING PLATFORMS**

**Хафизов Ф. Ш., Пережогин Д. Ю., Краснов А. В.,  
Султанов Р. М., Бутович В. И.**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**F. Sh. Hafizov, D.Yu. Perezhogin, A.V. Krasnov,  
R. M. Sultanov, I. V. Butovich**

**Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation**

**e-mail: 00770088@mail.ru**

**Аннотация.** Перспективы освоения ресурсов углеводородов континентального шельфа России и их транспорта конечным потребителям определяют необходимость создания морской топливно-энергетической отрасли, в состав которой входят морские платформы по добыче нефти и газа. Сооружение и эксплуатация морских платформ связано с высокими рисками как техногенного, так и экономического характера. Согласно данным WOAD (World Offshore Accident Dataset) в 2013 г. было выявлено 265 инцидентов/аварий, происшедших на морских платформах, или 4,11 % аварий из зафиксированных аварий на морских сооружениях в мире. Поскольку средняя стоимость платформ в море в 3-5 раза больше чем на суше, в зависимости от условий строительства, то возникновение опасной или чрезвычайной ситуации, может привести к

столь существенному увеличению стоимости проекта, которая может оказаться губительной для проекта в целом.

Для оценки меры возможности гибели людей от опасных факторов пожаровзрывоопасных ситуаций на морских буровых платформах необходимо использовать Приказ №404 от 10.07.2009 «Об утверждении методики определения величин пожарного риска на производственных объектах». Однако применимость данного документа для оценки пожарного риска морской буровой платформы осложнена тем, что в нем отсутствуют справочные данные о частотах возникновения взрывопожароопасных ситуаций на морских буровых платформах, что делает невозможным оценку пожарного риска в целом для данного рода объектов.

Данная работа посвящена определению частот возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций на морских буровых платформах. Для реализации поставленной цели использовались: метод экспертных оценок вероятности событий, метод анализа риска, количественные методы, основанные на имеющихся материалах (в том числе из баз данных DNV Technica) по отказам оборудования и авариям при эксплуатации морских платформ в Северном море и Мексиканском заливе.

**Abstract.** Prospects of development of hydrocarbon resources of Russia's continental shelf and their transportation to the end consumers determine the necessity of the establishment of marine energy industry, which includes offshore platforms for oil and gas. Construction and operation of offshore platforms is associated with a high risk both human and economic. According to the WOAD (World Offshore Accident Dataset) in 2013 was identified 265 incidents/accidents occurred on offshore platforms, or 4.11 % of the accidents recorded accidents on offshore structures in the world. Since the average cost of the platforms in the sea of 3-5 times more than on land, depending on the construction conditions, the occurrence of threat or emergency, could lead to

such a significant increase in the cost of the project, which can be disastrous for the overall project.

To assess the scope of loss of life from hazards fire and explosion hazard situations on offshore drilling platforms, you must use the Order №404 from 10.07.2009 "On approval of the method of determining the fire risk at industrial facilities". However, the applicability of this document to assess fire risk offshore drilling platform is complicated by the fact that there are no reference data on the frequencies of occurrence of fire and explosion hazardous situations at the drilling offshore platforms, which makes it impossible for a fire risk assessment in General for this kind of objects.

This work is devoted to determination of frequencies of occurrence of fire and explosion hazard situations on offshore drilling platforms. To achieve this purpose were used: method of expert evaluations of probabilities of events, the method of risk analysis, quantitative methods, based on available materials (including databases, DNV Technica) on equipment failures and accidents in the operation of offshore platforms in the North sea and the Gulf of Mexico.

**Ключевые слова:** пожарный риск, морская буровая платформа, взрыв топливо-воздушной смеси, пожар пролива, частота возникновения пожаровзрывоопасной ситуации, скважина, газовый фонтан.

**Key words:** fire risk, offshore drilling platform, the explosion of the fuel-air mixture, fire Strait, the incidence of fire and explosion hazard situation, well, a gas blowout.

Для оценки основных аварийных сценариев, которые могут произойти на морских платформах использовались методы и способы, изложенные в ГОСТ Р 51901.1-2002 [1].

Анализ условий возникновения и развития аварий с наиболее опасными по своим последствиям и наиболее вероятными (типичными)

сценариями показал, что в общем случае на морских платформах могут реализоваться следующие опасности:

- разрыв (разрушение) технологических узлов и оборудования топливной системы (сценарии С<sub>2</sub>, С<sub>8</sub>, С<sub>10</sub>) с утечкой дизельного топлива и авиационного топлива с последующим пожаром пролива;
- разрыв (разрушение) технологических узлов и оборудования топливной системы (сценарии С<sub>9</sub>) с утечкой дизельного топлива с последующим пожаром в замкнутом объеме помещений;
- газовый фонтан (выброс) из скважины (сценарии С<sub>3</sub>) с образованием горящего факела или пожаром при выбросе из скважины в открытое море (сценарии С<sub>4</sub>);
- значительное разрушение и пожар в экстремальных природных условиях или техногенных воздействий (сценарии С<sub>1</sub>, С<sub>5</sub>, С<sub>6</sub>);
- локальные взрывы в системе очистки бурового раствора (сценарии С<sub>7</sub>).

Все возможные аварийные ситуации можно объединить в группы сценариев, и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Группы сценариев развития возможных аварий

№ группы сценария	Описание сценария
С <sub>1</sub>	воздействие на конструкции комплекса штормовых (волновых, сейсмических) нагрузок, столкновение с судном → потеря устойчивости морской платформой, механическое повреждение конструкций/опор корпуса → полное разрушение или опрокидывание → экстренная эвакуация и возможная гибель части персонала.
С <sub>2</sub>	частичное разрушение или разгерметизация трубопроводов, емкостей или насосов системы дизельного топлива → истечение дизельного топлива → растекание и испарение пролива → образование паровоздушной смеси → воспламенение от источника зажигания → взрыв и/или горение паровоздушной смеси, воспламенение пролива (пожар) → выделение токсичных продуктов сгорания → барическое и/или термическое воздействие на персонал и оборудование/конструкции, интоксикация персонала продуктами сгорания → последующее развитие аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>3</sub>	нарушение режимов бурения, повлекшее появление газового выброса (открытого фонтана) на участке ведения буровых работ → образование газовой струи, истекающей из устья скважины на буровой площадке →

№ группы сценария	Описание сценария
	образование облака топливовоздушной смеси → воспламенение облака газовой смеси от источника зажигания → сгорание облака газовой смеси (пожар-вспышка) → образование горячей газовой струи (факела) → воздействие открытого пламени и термическое излучения на персонал и/или оборудование/конструкции буровой установки → интоксикация персонала продуктами сгорания → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>4</sub>	появление газового выброса (открытого фонтана) на дне моря в месте ведения буровых работ → образование газовой струи, истекающей из скважины в толщу воды → образование облака топливовоздушной смеси в межколонном пространстве → воспламенение от источника зажигания → сгорание облака топливовоздушной смеси (пожар-вспышка) → горение выброса → воздействие открытого пламени и термического излучения на персонал и/или оборудование (конструкции) морской платформы → выделение токсичных продуктов горения → воздействие токсичных продуктов на персонал → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>5</sub>	частичное разрушение или разгерметизация трубопроводов, емкостей или оборудования под давлением при испытании скважины → образование газовой струи, истекающей из трубопровода или оборудования → образование облака топливовоздушной смеси → воспламенение от источника зажигания → сгорание облака топливовоздушной смеси (пожар-вспышка) → образование горячей газовой струи (факела) → воздействие открытого пламени и термического излучения на персонал и/или оборудование/конструкции БУ → выделение токсичных продуктов горения → воздействие токсичных продуктов на персонал → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>6</sub>	катастрофический отказ (полное разрушение) мерной емкости на системе испытания скважин при проведении работ по замеру дебита скважин → разлет осколков оборудования → выброс газа и газового конденсата → растекание и испарение пролива газового конденсата → образование облака топливовоздушной смеси → воспламенение от источника зажигания → сгорание облака топливовоздушной смеси (пожар-вспышка) → пожар разлива → воздействие открытого пламени и термического излучения на персонал и/или оборудование/конструкции морской платформы → выделение токсичных продуктов горения → воздействие токсичных продуктов на персонал → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>7</sub>	вскрытие газового пласта и появление газа в буровом растворе при ведении буровых работ → выход газа в среду и образование облака топливовоздушной смеси → воспламенение топливовоздушной смеси от источника зажигания → сгорание облака топливовоздушной смеси (пожар-вспышка и/или взрыв) → воздействие термического излучения и/или ударной волны на персонал и оборудование → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>8</sub>	столкновение с судном, падение вертолета, воздействие сильных волновых

№ группы сценария	Описание сценария
	и/или ветровых нагрузок, землетрясение, диверсия → механическое повреждение конструкций главной палубы → полное разрушение трубопроводов и расходных емкостей с авиационным топливом → разлив и испарение авиационного топлива → образование облака газовой смеси → воспламенение облака газовой смеси и последующее горение пролива (пожар) → выделение токсичных продуктов сгорания → воздействие термического излучения на персонал и конструкции, интоксикация персонала продуктами сгорания → дальнейшее развитие аварийной ситуации вплоть до полного разрушения морской платформы.
С <sub>9</sub>	частичное разрушение или разгерметизация единичного оборудования на морской платформы (расходной емкости дизельного топлива) → утечка и разлив дизельного топлива в закрытом помещении → испарение дизельного топлива и образование облака паровоздушной смеси → воспламенение облака паровоздушной смеси от источника зажигания → сгорание облака паровоздушной смеси (взрыв) с последующим пожаром → выделение токсичных продуктов сгорания → барическое и/или термическое воздействие на персонал и оборудование/конструкции, интоксикация персонала продуктами сгорания → последующее развитие аварии в случае, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.
С <sub>10</sub>	падение вертолета → гибель пассажиров и экипажа → разлитие авиационного топлива → воспламенение топлива и возникновение пожара → воздействие теплового излучения на персонал и оборудование/конструкции → последующее распространение пожара, если затронутое соседнее оборудование содержит опасные вещества.

Разрушение основных конструктивных элементов морских платформ (сценарий С<sub>1</sub>) обусловлено характером их эксплуатации в экстремальных условиях, связанных с воздействием внешних факторов: шторм, цунами, тайфун, сейсмические воздействия, а также возможного столкновения с судами и непроектными ледовыми образованиями. Основной вклад в частоту событий вносят природные явления, поскольку при столкновениях с судами и ледовыми образованиями лишь в 17 % случаев возможные полное и/или тяжелое разрушение морской платформы.

Подобные аварии согласно данным DNV оцениваются следующими показателями частоты событий [2]:

- полное разрушение платформы -  $5 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>;
- сильное разрушение платформы -  $1,15 \cdot 10^{-4} - 2,3 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

При полном разрушении морской платформы вероятность гибели при эвакуации оценивается по данным DNV как 18,2 %, а при серьезных повреждениях – 2,1 %.

При реализации других сценариев (связанных с выбросом ОВ и возникновением пожаров) также может возникать максимально тяжелые последствия, вплоть до полного разрушения морской буровой платформы [3].

Полагая условную вероятность перерастания локальной аварии в крупномасштабную равной 0,01, частота аварии, приводящей к гибели платформы (с учетом данных DNV), может составить до  $7,2 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

Сценарий С<sub>2</sub> реализуется при операциях перекачки дизельного топлива. Для оценки частоты аварий использовали рекомендации [4]. Частоту разгерметизации трубопроводов принимали равной  $1,4 \cdot 10^{-6}$  (м·год)<sup>-1</sup>, для насосов -  $1 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>. Полагали, что в процессе перекачки в определенный момент участвует лишь ограниченная группа трубопроводов и насосов. Длина трубопроводов оценена в 30 м [5]. Частота образования утечек оценена как  $2,4 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>. Вероятность мгновенного зажигания принята равной 5 % [4]. При разгерметизации внутри помещений вероятность эвакуации персонала успешна, поэтому риску подвергается только персонал, попавший в зону разлива при мгновенном его воспламенении. Вероятность попадания персонала в зону разлива принята равной 0,005.

Риск для обслуживающего персонала буровой установки обусловлен частотой возникновения возможного выброса продукции скважин, вероятностью ее дальнейшего воспламенения и последующего взрыва и/или горения с воздействием поражающих факторов на персонал.

По данным DNV 77 % произошедших аварий реализуется при бурении скважин под эксплуатационную колонну и 23 % - при закачивании скважин [2]. При рассмотрении сценариев С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub> полагали, что в 23 %

случаев реализуется сценарий  $C_3$ , а  $C_4$  – в 77 %. Анализ сценариев  $C_3$  проводился с использованием метода «дерева событий» (рисунок 1).

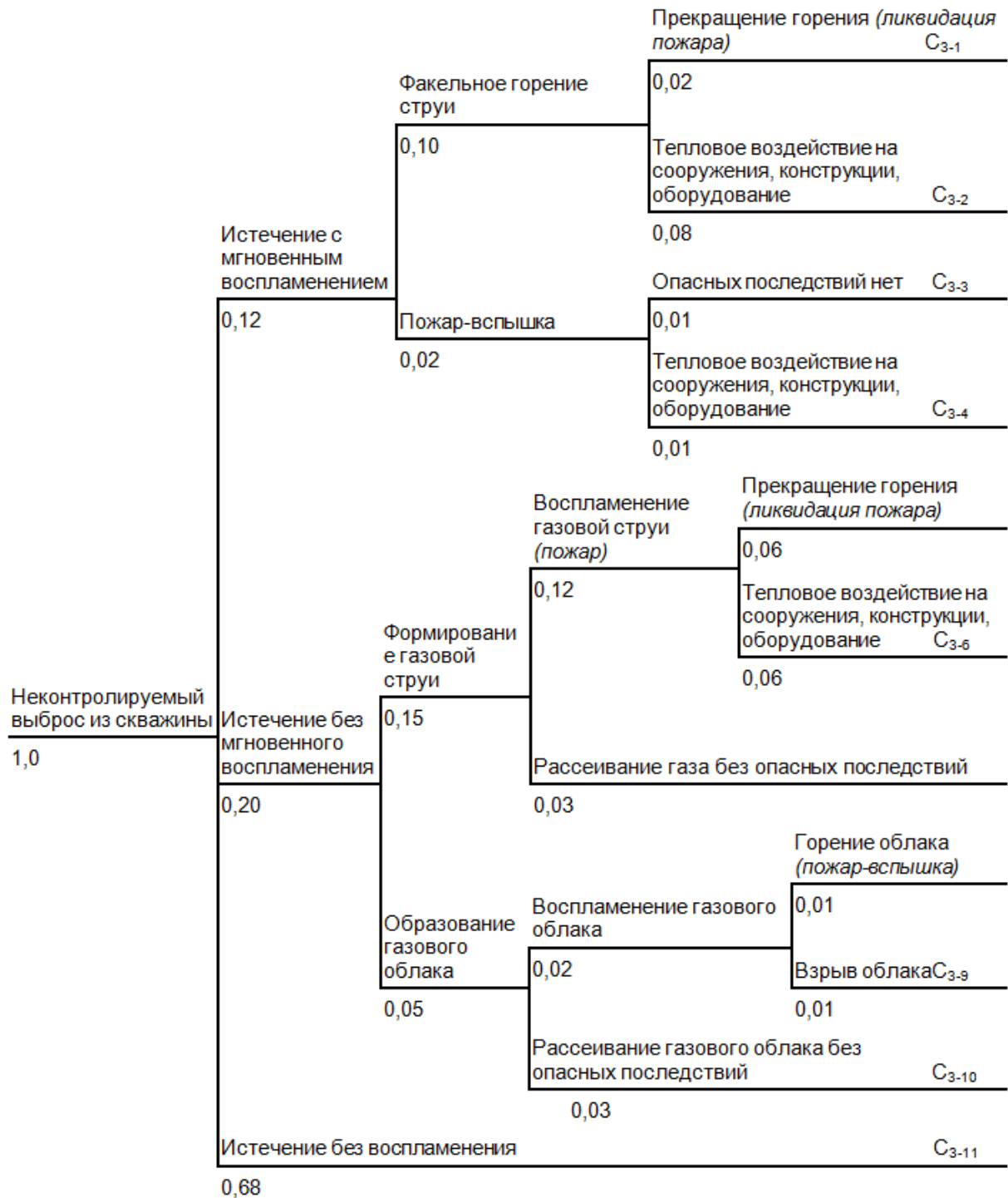


Рисунок 1. «Дерево событий» при возможной аварии на буровой площадке с неконтролируемым выбросом из скважины (сценарии  $C_3$ )

Оценка вероятностей реализации различных сценариев показывает, что условная вероятность аварий с термическим воздействием, которое сопровождается факельное горение струи (сценарии  $C_{3-2}$ ,  $C_{3-6}$ ), «пожар-



вспышка» топливовоздушной смеси (сценарии С<sub>3-4</sub>, С<sub>3-8</sub>) составляет 0,16. Вероятность аварий, сопровождающихся возникновением ударной волны при взрыве облака (сценарии С<sub>3-9</sub>) - 0,01, вероятность газового выброса без воспламенения (сценарии С<sub>3-11</sub>) составляет 0,68. Данные анализа приведены ниже в таблице 2.

Таблица 2. Вероятность реализации возможных сценариев развития аварии при газовом выбросе

№ п/п	Тип сценариев	Номер сценария	Количество сценариев	Вероятность реализации, %
1	Сценарии аварий без опасных последствий	С <sub>3-1</sub> , С <sub>3-3</sub> , С <sub>3-5</sub> , С <sub>3-7</sub> , С <sub>3-10</sub> , С <sub>3-11</sub>	6	83
2	Сценарии аварий с поражающими факторами	С <sub>3-2</sub> , С <sub>3-4</sub> , С <sub>3-6</sub> , С <sub>3-8</sub> , С <sub>3-9</sub>	5	17
	барическое воздействие	С <sub>3-9</sub>	1	1
	термическое воздействие	С <sub>3-2</sub> , С <sub>3-4</sub> , С <sub>3-6</sub> , С <sub>3-8</sub>	4	16

Представленные результаты показывают, что вероятность реализации сценариев с разрушением сооружений, конструкций и оборудования морской платформы за счет термического или барического составляет 17 %. Разрушение оборудования (емкостей), содержащих опасные вещества может привести к дальнейшему развитию аварии с опасными последствиями (возникновение эффекта «домино»).

Для оценки вероятности отдельных событий сценариев, рассмотренных методом «дерева событий», использован метод экспертных оценок вероятности событий с учетом разбиения их на пять уровней [4]:

- частый отказ - ожидаемая частота возникновения  $> 1 \text{ год}^{-1}$  (происходит на объекте более одного раза в год);
- вероятный отказ - ожидаемая частота возникновения  $1-10^{-2} \text{ год}^{-1}$  (несколько раз за время существования объекта);
- возможный - ожидаемая частота возникновения  $10^{-2} - 10^{-4} \text{ год}^{-1}$  (отдельные случаи в отечественной практике эксплуатации аналогичных объектов);

- редкий - ожидаемая частота возникновения  $10^{-4} - 10^{-6}$  год<sup>-1</sup> (отдельные случаи в мировой практике эксплуатации аналогичных объектов);

- практически невероятный - ожидаемая частота возникновения  $< 10^{-6}$  год<sup>-1</sup> (теоретически возможный, но на практике не регистрировался).

Из анализа отечественных и зарубежных данных по авариям на плавучих буровых платформах следует, что газовый фонтан относится к событиям четвертого уровня, которые характеризуются как «возможный отказ» с ожидаемой частотой возникновения  $10^{-2} - 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

Согласно данным DNV частота выброса на морских буровых установках при бурении разведочных скважин в летний период составляет  $4,9 \cdot 10^{-3}$  на одну скважину [6]. В соответствие с [7] частота аварий с фонтанированием при бурении скважин составляет  $1,9 \cdot 10^{-3}$  на одну скважину, при этом в 37 % действия по ликвидации фонтана не приводят к успеху (частота  $7,1 \cdot 10^{-4}$  на одну скважину). Таким образом, для морских буровых платформ (доля сценария  $C_3 - 0,23$ , бурение 6 скважин/год), частота выброса по данному сценарию составит  $9,7 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

Частота реализация сценария  $C_4$  составит  $3,28 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Следует отметить, что радиус газового пузыря на поверхности составит до 26 м. Т.е. его размеры сравнимы с размерами самой морской буровой платформы. При этом накопление природного газа в концентрации выше нижнего концентрационного предела воспламенения возможно лишь в случае штилевых условий атмосферы, при скоростях ветра менее 4 м/с. Согласно метеорологическим наблюдениям такие условия реализуются в 13 % случаев. При этих условиях источником зажигания может стать морская платформа. Вероятность воспламенения оценивали согласно методике оценки пожарного риска [8] для газового выброса на уровне 33 %. Таким образом частота аварий по сценарию  $C_4$  с пожаром, инициированным морской платформой, может составить  $1,41 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

При таком сценарии платформа переходит в режим «выживания». Возможные каскадные эффекты аналогичные сценарию С<sub>1</sub>.

Кроме этого источником зажигания может служить судно сопровождения/обслуживания. Оценивая продолжительность погрузочно-разгрузочных работ на уровне 10 часов и 16 бункеровок в год, можно оценить вероятность нахождения судна сопровождения вблизи морской платформы - 1,8 % времени в год. Следует учитывать, что источником зажигания судно может стать в случае, когда ветер направлен в сторону судна (вероятность оценена как 25 % случаев). Таким образом, частота инициирования пожара судном сопровождения при реализации группы сценариев С<sub>4</sub> можно оценить на уровне  $1,45 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

Сценарии аварий С<sub>5</sub> и С<sub>6</sub> могут произойти лишь при испытаниях скважин. Доля времени в году этих операций составляет 16,4 %. В авариях рассматривали сценарии разрыва оборудования и трубопроводов на полное сечение согласно требованиям [7] для вновь вводимых объектов. Удельные частоты разрывов составили для применяемого оборудования:

- трубопроводы неочищенного газа -  $2 \cdot 10^{-7}$  (м·год)<sup>-1</sup>;
- теплообменники -  $1,5 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>;
- сепараторы -  $2,5 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>;
- емкости под давлением -  $1,0 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

Вероятность воспламенения консервативно оценили величиной 44 % [4].

При длине трубопроводов около 30 м, частота реализации сценария С<sub>5</sub> с возгоранием составила  $7,2 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup>.

Аварии по сценариям С<sub>6</sub> реализуются на вертикальном мерном танке в помещении системы испытания скважин. Частота аварии с учетом времени использования оценена аналогично сценарию С<sub>5</sub> и составила для аварий с пожаром  $7,2 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup> [9].

В системе подготовки бурового раствора возможна реализация аварий сценариев С<sub>7</sub>, связанных с выбросом газа из бурового раствора. По

статистическим данным DNV оценочная частота пожаров при выделении газа из бурового раствора составляет  $2,8 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, а частота взрывов -  $3,1 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup> [10].

Реализация сценариев  $C_8$ ,  $C_9$  связана с разрушением топливоподводящих трубопроводов, емкостей и насосов авиационного топлива на верхней палубе морской буровой платформы. Анализ вероятности событий по сценарию  $C_8$  проводился с использованием метода «дерева событий» (рисунок 2).

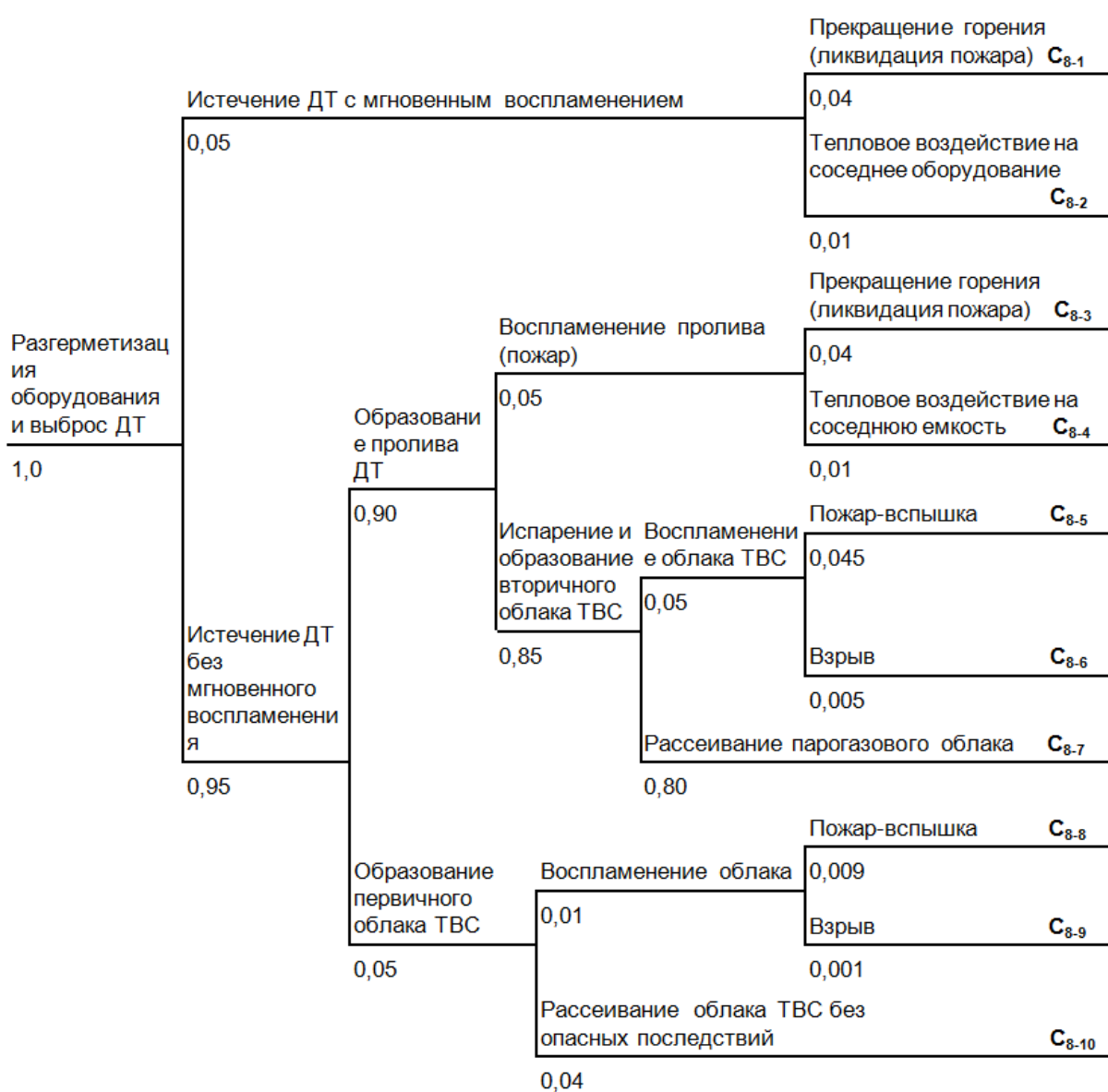


Рисунок 2. «Дерево событий» при возможной аварии в системе топливного обеспечения при разгерметизации оборудования с АТ (сценарии  $C_8$ )

Оценка вероятностей реализации различных сценариев показывает, что условная вероятность аварий с термическим воздействием (сценарии С<sub>8-2</sub>, С<sub>8-4</sub>, С<sub>8-5</sub>, С<sub>8-8</sub>), составляет 7,4 %. Вероятность аварий, сопровождающихся барическим воздействием при взрыве (сценарии С<sub>8-6</sub>, С<sub>8-9</sub>) составляет 0,6%, вероятность аварий без опасных последствий (сценарии С<sub>8-1</sub>, С<sub>8-3</sub>, С<sub>8-7</sub>, С<sub>8-10</sub>) – 92 %. Данные анализа приведены ниже в таблице 3.

Таблица 3. Вероятность реализации возможных сценариев развития аварии с выбросом авиационного топлива

№ п/п	Тип сценариев	Номер сценария	Количество сценариев	Вероятность реализации, %
1	Сценарии аварий без опасных последствий	С <sub>8-1</sub> , С <sub>8-3</sub> , С <sub>8-7</sub> , С <sub>8-10</sub>	4	92
2	Сценарии аварий с поражающими факторами	С <sub>8-2</sub> , С <sub>8-4</sub> , С <sub>8-5</sub> , С <sub>8-6</sub> , С <sub>8-8</sub> , С <sub>8-9</sub>	6	8
	ударная волна	С <sub>8-6</sub> , С <sub>8-9</sub>	2	0,6
	тепловое излучение	С <sub>8-2</sub> , С <sub>8-4</sub> , С <sub>8-5</sub> , С <sub>8-8</sub>	4	7,4

Представленные результаты показывают, что вероятность реализации группы сценариев С<sub>8</sub> с разрушением сооружений, конструкций и оборудования за счет термического или барического воздействия составляет 8 %. Разрушение оборудования (емкостей), содержащего ОВ может привести к дальнейшему развитию аварии с опасными последствиями (возникновение эффекта «домино»). С учетом данных DNV по аварийной разгерметизации топливных систем, частота возможных выбросов ОВ из емкостей, насосов и трубопроводов составляет до  $1,1 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> [2].

Для полученных данных по оценке частоты утечки топлива, определена вероятность развития сценариев, характеризующихся реализацией термического или барического воздействия -  $1,21 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>, с утечкой опасного вещества без последствий -  $9,8 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup> [11].

Исходным инициирующим событием для сценариев аварий  $S_{10}$  на верхней палубе является падение вертолета, перевозящего сменный персонал на морскую буровую платформу.

В таблице 4 представлены обобщенные показатели (данные Управления гражданской авиации Великобритании и авиационных компаний Brunei Shell Petroleum, Sarawak Shell Berhard) для вертолетных аварий [12].

Таблица 4. Показатели вертолетных аварий

Стадия полета	Частота падения	Количество аварий со смертельным исходом, %	Количество смертельных случаев, %
Взлет	$6,8 \cdot 10^{-7}$ (на 1 взлет)	13	30
Посадка	$2,0 \cdot 10^{-6}$ (на 1 посадку)	13	30

Вероятность аварии, связанная с падением вертолета, оценивается суммой рисков при взлете и посадке -  $2,7 \cdot 10^{-6}$ .

Падение вертолета на платформу более вероятно при взлете и посадке. В течение производственного цикла морской платформы (до 100 рейсов) вероятность аварии с падением вертолета на платформу, оценивается величиной  $2,7 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

При оценке показателей риска аварии не учитывались риски, связанные с локальными или массовыми выбросами химических реагентов и бурового раствора. Анализ свойств данных веществ показал, что они не опасны для подготовленного персонала, а их воздействие на водную среду незначительно. Отечественные и зарубежные данные для морских буровых установок по частоте аварий, связанных с тяжелыми отравлениями персонала химическими реагентами или их масштабным выбросом и заражением морской среды, отсутствуют [3].

Данные по частотам возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций для всех возможных аварийных сценариев сведены в таблице 5.

Таблица 5. Вероятности возникновения возможных взрывопожароопасных ситуаций

Аварийная ситуация	Вероятность возникновения
Полное разрушение морской платформы	$1,0 \times 10^{-5}$
Сильное разрушение морской платформы	$2,3 \times 10^{-5}$
Разгерметизация трубопроводов перекачки дизельного топлива	$1,4 \times 10^{-6}$
Разгерметизация насосов перекачки дизельного топлива	$1,0 \times 10^{-4}$
Разгерметизация бурового оборудования	$4,9 \times 10^{-3}$
Разгерметизация трубопроводов неочищенного газа	$2,0 \times 10^{-7}$
Разгерметизация теплообменников	$1,5 \times 10^{-6}$
Разгерметизация сепараторов	$2,5 \times 10^{-6}$
Разгерметизация аппаратов и сосудов под давлением	$1,0 \times 10^{-6}$
Разгерметизация системы подготовки бурового раствора	$1,4 \times 10^{-3}$
Разгерметизация трубопроводов, емкостей и насосов авиационного топлива	$1,1 \times 10^{-4}$
Падение вертолета на палубу	$2,7 \times 10^{-6}$

Данные таблицы 5 возможно использовать в качестве основы при создании справочной базы данных о частоте нежелательных событий, включенной в методику Приказа №404 [8]. Без наличия данных о вероятности возникновения возможных взрывопожароопасных сценариев невозможно определить значения потенциального и индивидуального пожарных рисков, а значит невозможно оценить угрозу жизни людей, находящихся на морской буровой платформе.

## Выводы

1 Выделены основные аварийные сценарии, которые могут возникнуть на морской буровой платформе, и несут в себе опасность для ее персонала.

2 Оценены вероятности возникновения возможных взрывопожароопасных сценариев, которые могут возникнуть на морской буровой платформе, и несут в себе опасность для ее персонала.

## Список используемых источников

1 ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153>

2 Courban B. Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis 2012 // European Commission. JRC Scientific and Policy reports. NY, 2012. P. 43-54.

3 Отчет ЭСПО по Nord Stream: Документ по основным вопросам Безопасность на море [сайт]. – URL: <http://nord-stream.com/download/document/62/>

4 Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144 «Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»» [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133801>

5 Хафизов И. Ф., Краснов А. В., Сафронов Ю. А. Усовершенствование способа оценки величины пожарного риска магистрального трубопровода на примере ОАО АК «ТРАНСНЕФТЬ» // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. / УГНТУ. 2014. № 6. С. 634-663. URL: [http://ogbus.ru/issues/6\\_2014/ogbus\\_6\\_2014\\_p634-663\\_KhafizovIF\\_ru\\_en.pdf](http://ogbus.ru/issues/6_2014/ogbus_6_2014_p634-663_KhafizovIF_ru_en.pdf)

6 О комплексной системе обеспечения безопасности освоения морских нефтегазовых месторождений Сахалина/ С. П. Алексеев, С. В. Добротворский, С. В. Яценко и др. // Морские исследования и технологии изучения природы Мирового океана. 2005. №1. С.21-38.

7 Аварийность на морских объектах нефтегазовых месторождений М. В. Лисанов, А. В. Савина и др. // Анализ опасностей и оценка техногенного риска [сайт]. – URL: [http://riskprom.ru/publ/avarijnost\\_na\\_morskikh\\_\\_truboprovodakh/34-1-0-129](http://riskprom.ru/publ/avarijnost_na_morskikh__truboprovodakh/34-1-0-129)



8 Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [сайт]. – URL: <http://base.garant.ru/196118/>

9 Хафизов Ф. Ш., Краснов А. В., Мухин И. А. Частота реализации взрывоопасной ситуации для оценки риска внутри помещений // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. /УГНТУ. 2015. №5. С. 573-585. URL: [http://ogbus.ru/issues/5\\_2015/](http://ogbus.ru/issues/5_2015/) /ogbus\_5\_2015\_p573-585\_khafizovfsh\_ru.pdf

10 Хафизов И. Ф., Краснов А. В., Халитова Р. М. Основные причины аварий установок первичной переработки нефти и меры их предотвращения // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: Материалы VIII междунар. науч-практ. конф. молодых ученых. 2015. С. 214-215.

11 Краснов А. В. Разработка методики определения расчетных величин пожарных рисков при взрывах сосудов под давлением: дис. канд. техн. наук. Уфа, 2013. 134 с.

12 The Brunei Shell Petroleum Homepage [сайт]. – URL: <https://www.bsp.com.bn/main/default.aspx>

## References

1 GOST R 51901.1-2002 Menedzhment riska. Analiz riska tehnologicheskikh sistem [sajt]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153> [in Russian].

2 Courban V. Safety of offshore oil and gas operations: Lessons from past accident analysis 2012 // European Commission. JRC Scientific and Policy reports. NY, 2012. S. 43-54. [in Russian].

3 Otchet JeSPO po Nord Stream: Dokument po osnovnym voprosam Bezopasnost' na more [sajt]. – URL: <http://nord-stream.com/download/document/62/> [in Russian].

4 Prikaz Federal'noj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 11.04.2016 g. № 144 «Rukovodstvo po bezopasnosti «Metodicheskie osnovy po provedeniju analiza opasnostej i ocenki riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob#ektah»» [sajt]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133801> [in Russian].

5 Hafizov I. F., Krasnov A. V., Safronov Ju. A. Usovershenstvovanie sposoba ocenki velichiny pozharnogo riska magistral'nogo truboprovoda na primere OAO AK «TRANSNEFT» // //Neftegazovoe delo: jelektron. nauch. zhurn. /UGNTU. 2014. № 6. S. 634-663. URL: [http://ogbus.ru/issues/6\\_2014/ogbus\\_6\\_2014\\_p634-663\\_KhafizovIF\\_ru\\_en.pdf](http://ogbus.ru/issues/6_2014/ogbus_6_2014_p634-663_KhafizovIF_ru_en.pdf) [in Russian].

6 O kompleksnoj sisteme obespechenija bezopasnosti osvoenija morskikh neftegazovyh mestorozhdenij Sahalina/ S. P. Alekseev, S. V. Dobrotvorskij, S. V. Jacenko i dr. // Morskie issledovanija i tehnologii izuchenija prirody Mirovogo okeana. 2005. №1. S.21-38. [in Russian].

7 Avarijnost' na morskikh ob#ektah neftegazovyh mestorozhdenij M. V. Lisanov, A. V. Savina i dr. // Analiz opasnostej i ocenka tehnogenogo riska [sajt]. – URL: [http://riskprom.ru/publ/avarijnost\\_na\\_morskikh\\_truboprovodakh/34-1-0-129](http://riskprom.ru/publ/avarijnost_na_morskikh_truboprovodakh/34-1-0-129) [in Russian].

8 Prikaz MChS Rossii ot 10.07.2009 № 404 «Ob utverzhdenii metodiki opredelenija raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob#ektah» [sajt]. – URL: <http://base.garant.ru/196118/> [in Russian].

9 Hafizov F. Sh., Krasnov A. V., Muhin I. A. Chastota realizacii vzryvoopasnoj situacii dlja ocenki riska vnutri pomeshhenij // Neftegazovoe delo: jelektron. nauch. zhurn. /UGNTU. 2015. №5. S. 573-585. URL: [http://ogbus.ru/issues/5\\_2015/ogbus\\_5\\_2015\\_p573-585\\_khafizovfsh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/5_2015/ogbus_5_2015_p573-585_khafizovfsh_ru.pdf) [in Russian].

10 Hafizov I. F., Krasnov A. V., Halitova R. M. Osnovnye prichiny avarij ustanovok pervichnoj pererabotki nefti i mery ih predotvrashhenij // Aktual'nye problemy nauki i tehniki – 2015: Materialy VIII mezhdunar. nauch-prakt. konf. molodyh uchenyh. 2015. S. 214-215. [in Russian].

11 Krasnov A. V. Razrabotka metodiki opredelenija raschetnyh velichin pozharnyh riskov pri vzryvah sudosudov pod davleniem: dis. kand. tehn. nauk. Ufa, 2013. 134 s. [in Russian].

12 The Brunei Shell Petroleum Homepage [sajt]. – URL: <https://www.bsp.com.bn/main/default.aspx> [in Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Хафизов Ф.Ш., д-р техн. наук, профессор кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

F. Sh. Khafizov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair «Fire and Industrial Safety», FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation  
e-mail: [pkpb@mail.ru](mailto:pkpb@mail.ru)

Пережогин Д. Ю., аспирант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

D. Yu. Perezhugin, Postgraduate Student of the Chair «Fire and Industrial Safety», FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.  
e-mail: [pkpb@mail.ru](mailto:pkpb@mail.ru)

Краснов А. В., канд. техн. наук, преподаватель кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

A.V. Krasnov, Candidate of Engineering Sciences, Lecturer Professor at the Department of the Chair «Fire and Industrial Safety», FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: 00770088@mail.ru

Султанов Р. М., д-р хим. наук, профессор кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

R. M. Sultanov, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Chair «Fire and Industrial Safety», FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: ildar.hafizov@mail.ru

Бутович В. И., бакалавр кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

I. V. Butovich, Bachelor Student of the Chair «Fire and Industrial Safety», FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: pkpb@mail.ru