

# ПРАВИЛА

## КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

### ЧАСТЬ XV ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

НД № 2-020201-026



Санкт-Петербург  
2023

# ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

---

Правила классификации и постройки плавучих буровых установок (Правила ПБУ) Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу 1 сентября 2023 года.

Настоящие Правила составлены на основе последней версии Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ 2022 года издания с учетом изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту издания.

В Правилах учтены процедурные требования, унифицированные требования, унифицированные интерпретации и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО) и соответствующие резолюции Международной морской организации (ИМО).

Правила устанавливают требования, являющиеся специфичными для ПБУ, учитывают рекомендации Кодекса постройки и оборудования плавучих буровых установок 2009 года (Кодекс ПБУ 2009 года) (резолюция ИМО А.1023(26) с поправками) и дополняют Правила классификации и постройки морских судов и Правила по оборудованию морских судов.

Правила состоят из следующих частей:

- часть I «Классификация»;
- часть II «Корпус»;
- часть III «Устройства, оборудование и снабжение»;
- часть IV «Остойчивость»;
- часть V «Деление на отсеки»;
- часть VI «Противопожарная защита»;
- часть VII «Механические установки и механизмы»;
- часть VIII «Системы и трубопроводы»;
- часть IX «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением»;
- часть X «Электрическое оборудование»;
- часть XI «Холодильные установки»;
- часть XII «Материалы»;
- часть XIII «Сварка»;
- часть XIV «Автоматизация»;
- часть XV «Оценка безопасности»;
- часть XVI «Сигнальные средства»;
- часть XVII «Спасательные средства»;
- часть XVIII «Радиооборудование»;
- часть XIX «Навигационное оборудование»;
- часть XX «Оборудование по предотвращению загрязнения».

**ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ**

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

## **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **1.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ**

**1.1.1** Требования настоящей части Правил ПБУ распространяются на ПБУ самоподъемного и полупогружного типов и платформы на натяжных связях.

**1.1.2** Правила ПБУ распространяются на аварийные ситуации следующих видов:

- экстремальные гидрометеороусловия;
- землетрясения;
- столкновения с судами и другими плавающими объектами;
- аварии вертолета;
- падение предметов;
- взрывы;
- пожары;
- выбросы;
- сочетание этих аварий;
- нарушение правил техники безопасности, плохое руководство при изменении условий, плохое техническое обслуживание;
- другие возможные ситуации.

## 1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

**1.2.1** Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии, приведены в части I «Классификация».

**1.2.2** В настоящей части приняты следующие определения.

**Аварийная ситуация** — эксплуатационная ситуация, во время которой может реализоваться авария.

**Авария** — нештатное событие (происшествие), возникновение которого не ожидается во время обычного функционирования платформы и которое может вызвать существенные повреждения конструкции, если оно не учтено при проектировании.

**Безопасность** — свойство сохранять возможность выполнять заданные функции в заданных условиях эксплуатации в течение заданного периода времени, при котором исключено или снижено до допустимых значений воздействие опасных и вредных факторов на платформу, ее элементы, окружающую среду и обслуживающий персонал.

**Дерево ошибок и неполадок** — графический прием, позволяющий проследить все логические взаимосвязи между техническими неполадками, внешними условиями и человеческими ошибками, приводящие к рассматриваемому событию; является дедуктивным методом.

**Дерево событий** — графический прием, обеспечивающий качественное описание потенциальных аварийных ситуаций, а также их количественную оценку для каждой ветви дерева; является индуктивным методом.

**Зона приемлемого уровня рисков аварий и их последствий** — реализация разумно осуществимого уровня (ALARP).

**Идентификация опасности** — процесс выявления и признания, что опасность существует; а также определение характеристик опасности.

**Индивидуальный риск** — риск (частота возникновения) поражающих воздействий определенного вида, возникающих при реализации определенных опасностей на определенной платформе. Характеризует распределение риска.

**Катастрофа** — исключительное по своим последствиям явление (авария), носящее характер массовых бедствий, приводящее к гибели платформы, человеческим жертвам или ущербу окружающей среде.

**Кривые FN** — связь уровня частоты аварий и числа смертельных случаев при аварии.

**Опасность** — явление (природное или техносферы), при котором возможно возникновение явлений или процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

**Оценка риска** — процесс идентификации опасностей и оценки риска для людей, платформы или окружающей среды. Оценка риска заключается в использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска заранее определенного события (аварии и связанных с ней ситуаций), обусловленного этими опасностями.

**Риск** — частота реализации опасностей (определенного класса). Риск может быть определен как частота или вероятность возникновения события В при наступлении события А (безразмерная величина, лежащая в пределах 0 – 1).

**Рискующие** — человек или социальная группа, на которых может быть оказано воздействие определенного вида при реализации определенной опасности или определенных опасностей, т.е. для которых индивидуальный или социальный риски не являются нулевыми или же достигают определенного уровня.

**Социальный риск** — зависимость риска (частоты возникновения событий), состоящего в поражении определенного числа людей, подвергаемых поражающим воздействиям определенного вида при реализации определенных опасностей, от этого числа людей. Характеризует масштаб катастрофичности опасности для платформы.

Сценарий аварии — полное и формализованное описание следующих событий: фазы инициирования аварии, аварийного процесса и чрезвычайной ситуации, потерь при аварии, включая специфические количественные характеристики событий аварии, их пространственно-временные параметры и причинные связи.

Эксплуатационный стандарт — документ, определяющий параметры функционирования, требуемые от конструкции, систем, оборудования, персонала, процедуры для управления безопасностью.

AIR (annual individual risk) — годовой индивидуальный риск.

QRA (quantitative risk assessment) — количественная оценка риска.

«Непрерывно или часто» означает, что событие происходит непрерывно или может часто происходить в течение срока службы данной платформы.

«Не часто» означает, что событие может произойти несколько раз в течение срока службы данной платформы.

«Редко» означает, что событие не должно произойти в течение срока службы одной платформы, но может случиться на отдельных однотипных платформах в течение их срока службы.

«Очень редко» означает, что событие не должно, но тем не менее может произойти в течение общего срока службы определенного числа однотипных буровых платформ.

### 1.3 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПЛАТФОРМЫ

**1.3.1** Предполагается, что проектирование, расчеты, конструкция, эксплуатация и техническое обслуживание платформы удовлетворяют всем действующим нормативным документам Регистра.

**1.3.2** Оценка безопасности по предэскизному проекту платформы должна быть включена в генеральный план разработки проекта и постройки платформы.

**1.3.3** В качестве основы для оценки безопасности проектант должен представить следующую информацию:

описание окружающей платформу среды;

описание функционирования и особенностей эксплуатации платформы;

чертежи расположения, показывающие устройства и системы, выполняющие наиболее важные функции. Особое внимание должно быть уделено местам, в которых производятся работы и установлено оборудование, имеющее значительный разрушительный потенциал, а также пожарной безопасности, жилищным комплексам, путям эвакуации, защитным зонам и системам эвакуации;

основные силовые конструктивные схемы;

описание важнейших мер, предусмотренных для снижения вероятности аварий;

описание мер, предусмотренных для уменьшения последствий аварий;

описание эвакуационных путей;

описание степени безопасности, связанной с новыми технологиями и техническими новинками, которые планируется использовать;

указанные аварийные случаи, соответствующие расчетным аварийным воздействиям на части платформы, указанным в [разд. 2](#);

расчет, показывающий, что последствия расчетных экстремальных внешних условий и аварийных воздействий удовлетворяют критериям достаточной безопасности, изложенным в [разд. 5](#).

**1.3.4** Оценка безопасности платформы должна выполняться, прежде всего, на уровне концепции проекта при выборе типа платформы. Предполагается, что проектант выбрал наиболее благоприятное проектное решение, удовлетворяющее общим принципам безопасности.

Смысл этой оценки состоит в том, чтобы на ранней стадии проектирования убедиться, что выбранная концепция платформы не приведет к необходимости внесения принципиальных изменений при проектировании и постройке из-за требований безопасности. Целью оценки безопасности является обеспечение приемлемой безопасности в соответствии с установленными критериями.

**1.3.5** Регламентируемые в Правилах ПБУ оценки безопасности должны подтвердить достаточно низкую вероятность человеческих жертв, оцениваемую с помощью годовых индивидуальных рисков, а также социальных рисков (см. [3.2](#) и [5.3](#)), больших убытков (см. [4.2](#)) и неприемлемого загрязнения окружающей среды, возможного в результате аварии (см. [разд. 4](#)).

Следует полагать, что платформа, удовлетворяющая оценкам, выполненным в предэскизном проекте, а также критериям достаточной безопасности, приведенным в Правилах ПБУ, будет иметь необходимую степень безопасности.

## 2 ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ

### 2.1 КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**2.1.1** Анализ аварийных ситуаций делится на два главных направления. Первое направление – анализ аварийных ситуаций через соответствие стандартам (Правилам ПБУ, Правилам классификационных освидетельствований судов в эксплуатации и Руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации и др.). Второе – анализ аварийных ситуаций либо для малоизученных сценариев, либо для сценариев, представляющих повышенный риск.

Анализ возможности аварийных ситуаций является дополнительным шагом, предназначенным для оценки новых или значительно отличающихся мероприятий, оборудования, процессов или технологий, несоответствие которых стандартной практике может быть значительным. Этот анализ должен использоваться для определения и оценки непредвиденных аварийных ситуаций и непреднамеренных действий, которые могут привести к авариям.

Анализ возможности аварийных ситуаций представляет собой ряд мер, направленных на сведение к минимуму вероятности и последствий аварии для платформы. Обычный порядок мер:

- .1 определение потенциальных аварийных ситуаций;
- .2 оценка принятой степени риска;
- .3 устранение или профилактика аварийных ситуаций.

Задачей первой и наиболее важной меры является определение типов аварийных ситуаций (см. [2.2](#)). Задачей второй меры является оценка риска выявленной аварийной ситуации для персонала, платформы, окружающей среды (см. [2.3](#), [3.1](#), [3.2](#)). Задачей третьей меры является устранение или профилактика аварийной ситуации в том случае, когда степень риска была признана неприемлемой (см. [разд. 4](#) и [5](#)).



## 2.2 ТИПЫ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПЛАТФОРМАХ

### 2.2.1 Общие положения.

**2.2.1.1** Анализ аварийных ситуаций проводится регулярно для идентификации, оценки и управления потенциальными аварийными ситуациями на платформах. Тщательная и точная оценка потенциальных аварий на платформах сведет к минимуму травмы персонала, потерю оборудования и угрозу окружающей среде.

Сам по себе анализ аварийных ситуаций не обеспечивает должного уровня безопасности на платформе. Он лишь является частью общей системы безопасности. Другими областями, относящимися к этой системе, являются техника безопасности, обучение персонала и реагирование на аварии.

Анализ аварийных ситуаций применяется при проектировании (начиная с концепции проекта), строительстве и эксплуатации платформы. При этом следует рассматривать все расчетные режимы эксплуатации: транспортировки, установки на точку, рабочий, выживания или экстремального нагружения, снятия с точки и т.п.

Анализ аварийных ситуаций должен также применяться к существующим платформам при их принципиальных модификациях.

**2.2.1.2** Общим направлением анализа аварийной ситуации является стремление определить возможные опасности, связанные с ее развитием, и действия по детальной оценке риска, сопряженного с аварией. Большинство из этих методов являются сложными, дорогостоящими и занимают много времени, но они могут быть оправданы степенью опасности и последствиями аварий.

**2.2.1.3** Анализ возможных аварийных ситуаций должен быть одобрен Регистром и включать следующее:

**.1** описание условий в начале аварийной ситуации, исходные данные для анализа;

**.2** описание мер борьбы с аварией, указание об оборудовании и системах платформы, привлекаемых для нейтрализации последствий аварии;

**.3** сведения о методах анализа, физических и статистических моделях;

**.4** описание процесса развития аварии, включая его расчетное представление;

**.5** меры защиты персонала и лиц, находящихся на платформе во время аварии.

### 2.2.2 Потенциальные аварийные ситуации.

**2.2.2.1** При экстремальных внешних условиях:

различные конструктивные нарушения в рабочем положении благодаря нештатному развитию событий;

сдвиг, опрокидывание и просадка платформ на грунте при неблагоприятном сочетании внешних условий и изменившихся свойств грунта;

транспортировка платформы в условиях, не соответствующих допустимым по критериям прочности и надежности конструкций;

значимые усталостные повреждения при интенсивных воздействиях волнения, ветра, льда, сеймики;

хрупкие разрушения в условиях низких температур и импульсных нагрузок.

**2.2.2.2** При столкновении с судном или плавающим объектом.

Процесс формирования усилия взаимодействия судна с платформой при столкновении описывается формулой

$$N = N_s + N_d, \quad (2.2.2.2-1)$$

где  $N$  – суммарное воздействие;  
 $N_s$  – статическое усилие (навал);  
 $N_d$  – динамическое усилие (удар);

$$N_d = M\ddot{X} + B\dot{X},$$

где  $M$  и  $B$  – инерционный и демпфирующий коэффициенты при столкновении с судном;  
 $\ddot{X}$ ,  $\dot{X}$  – ускорение и скорость судна относительно платформы, зарегистрированные в момент столкновения.

Ударный импульс, если не оговорены дополнительные требования, составляет:

$$N_d \Delta t = M\dot{X}, \quad (2.2.2.2-2)$$

где  $\Delta t$  – время соударения, которое зависит от степени и эффективности защиты объектов столкновения от удара.

Следует рассматривать два типа столкновения:

навал судна или плавающего объекта – касание наружной поверхности платформы судном или плавающим объектом на малых скоростях, обычно  $\leq 0,3$  уз., коэффициенты при скоростной и инерционной составляющих удара пренебрежимо малы (ударный импульс отсутствует); воздействие может быть определено статическим приложением внешней силы;

столкновение с судном или плавающим объектом – удар судна или плавающего объекта в наружную поверхность платформы, коэффициенты при скоростной и инерционной составляющих воздействия достаточны для формирования ударного импульса.

**2.2.2.3** При взрывах, падающих и летящих предметах.

**2.2.2.3.1** Основными внешними и внутренними источниками, связанными с воздействием на платформу взрывов, падающих и летящих предметов (осколков) являются:

авария вертолета;

аварии вблизи платформы на судах обеспечения и танкерах, приводящие к взрывам и/или возникновению летящих предметов на них;

сосуды (баллоны) и трубопроводы, находящиеся (работающие) под давлением и содержащие газ или жидкие взрывоопасные среды;

конструкции и оборудование, обладающие значительной потенциальной энергией.

**2.2.2.3.2** Летящий (падающий) предмет оказывает механическое воздействие на объект (конструкцию, оборудование, персонал). Степень его опасности (поражающего действия) характеризуется, в первую очередь, массой предмета и скоростью его удара. Кроме того, поражающее действие летящего предмета зависит от его формы, угла между направлением вектора скорости и плоскостью удара и др.

Действие взрыва на объект обусловлено быстрым изменением избыточного воздушного давления, в частном случае, в виде воздушной ударной волны. Степень опасности воздушного взрыва характеризуется величиной максимального избыточного давления. Однако, для оценки реакции объекта на действие взрыва должны быть определены время нарастания и спада избыточного давления. Разрушение (отказ) некоторых потенциальных источников взрыва может сопровождаться одновременным формированием избыточного воздушного давления и образованием летящих предметов (осколков). Это характерно, например, для взрывного разрушения сосудов (баллонов), находящихся под давлением.

Авария вертолета, наряду с механическим (ударным) воздействием фюзеляжа (или других частей вертолета) по конструкциям и оборудованию платформы, может сопровождаться взрывом паров топлива. Следует учитывать возможность взрыва как снаружи, так и внутри помещений платформы. Взрыв внутри, как правило, приводит к существенно большим масштабам аварии.

**2.2.2.3.3** Возможные первичные эффекты (факторы), связанные с действием взрыва, падающих (летающих) предметов и аварией вертолета:

- деформация, повреждение, разрушение конструкций и оборудования;
- повреждение (травмы) и гибель персонала;
- движение (сотрясение) конструкций;
- образование летающих предметов;
- появление едких токсичных газов и аэрозолей;
- возникновение пожара.

Первичные эффекты, в свою очередь, могут породить новый комплекс аналогичных вторичных факторов. Так, например, сотрясение конструкций может приводить к повреждению оборудования, падению незакрепленных предметов, травмам персонала в результате падения и др.

**2.2.2.3.4** Устанавливаются три степени опасности взрыва и летящего (падающего) предмета:

I – характеризуется максимально возможными для данного источника значениями параметров и характеристик поражающих факторов;

II – характеризуется значениями параметров и характеристик поражающих факторов, не относящимися к I и III степеням;

III – характеризуется значениями параметров и характеристик поражающих факторов, не вызывающими ощутимых последствий для конструкций, оборудования и персонала платформы, а, следовательно, и для окружающей природной среды.

Если нельзя с достаточной степенью достоверности определить значения параметров и характеристик поражающих факторов данного источника, то для оценок безопасности следует использовать консервативный подход, полагая, что реализуется опасность I степени.

**2.2.2.3.5** Опасность III степени определяется предельно допустимыми уровнями нагрузок на конструкции, оборудование и персонал.

В качестве предельно допустимых уровней нагрузок на персонал могут приниматься следующие<sup>1</sup>:

предельно допустимые уровни ускорений (в положении сидя или стоя) – 0,9g (по всем осям координат);

при ударе головой о преграду скорость соударения не должна превышать 2,3 м/с;

при ударах предметами с массой 1, 2, 3, 4 и 5 кг скорость удара не должна превышать 5; 3,7; 3; 2,5 и 2,2 м/с, соответственно;

величина избыточного давления в ударной волне не должна превышать 35 кПа.

**2.2.2.4** При пожарах и выбросах.

**2.2.2.4.1** Пожары принципиально подразделяются на две категории:

на открытой палубе, вызванный выбросом фонтана нефти и/или газов из скважины; во внутренних помещениях.

**2.2.2.4.2** Для идентификации риска пожаров в зависимости от выполняемых функций платформы (что характеризует потенциальную степень опасности сооружения) подразделяют на три группы:

платформа-нефтехранилище;

добычная платформа;

разведочная буровая установка.

Соответственно, с учетом [2.2.2.4.1](#) может быть рекомендована к применению качественная матрица рисков, изображенная на [рис. 2.2.2.4.2](#).

<sup>1</sup> См. ПНАЭ Г-05-035-94 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на ядерно- и радиационно опасные объекты».

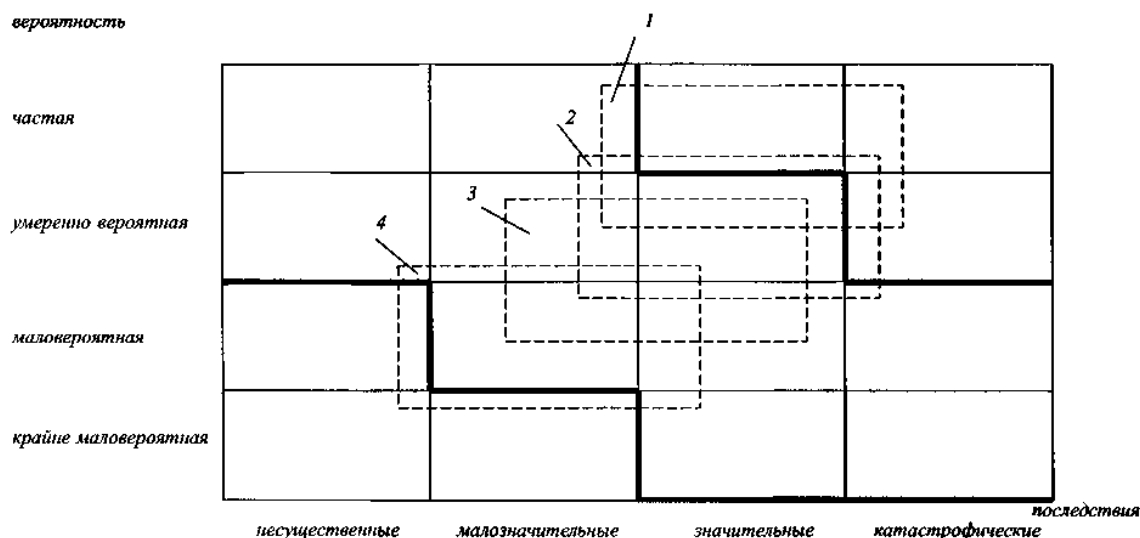


Рис. 2.2.2.4.2  
 Качественная матрица рисков при пожарах:

- 1 – пожары на платформе-нефтехранилище, вызванные выбросом нефти;
- 2 – пожары на добычной платформе, вызванные выбросом нефти;
- 3 – пожары, вызванные выбросом нефти;
- 4 – пожары во внутренних помещениях

**2.2.2.4.3** Пожар на открытой палубе, вызванный выбросом фонтана нефти и (или) газов из скважины, следует классифицировать как наиболее опасный (см. [рис. 2.2.2.4.2](#)). Особая опасность этого пожара состоит в том, что, во-первых, происходит разлив нефти на большой площади; во-вторых, приток горючей жидкости и (или) газа достаточно велик и практически не поддается регулировке, особенно на начальной стадии пожара; в-третьих, в атмосфере над установкой образуется газообразная горючая смесь, состоящая из воздуха, газов, поступающих из скважины, а также паров нефти. Источниками воспламенения такой горючей смеси могут быть:

- неисправное палубное освещение;
- открытое пламя;
- искры любого происхождения;
- выхлопные горючие газы;
- горючие части оборудования.

Данный пожар может развиваться по различным сценариям, и достаточное количество различных факторов может повлиять на распространение огня. В связи с указанным для оценки риска при пожаре следует использовать логические схемы развития аварии, базируясь, например, на построении деревьев событий. При построении логической схемы в первую очередь следует учитывать:

- степень опасности сооружения (см. [2.2.2.4.2](#));
- химический состав потенциально возгораемого вещества (нефть/газоконденсат);
- внешние условия района эксплуатации (в первую очередь, ветровые);
- реальные возможности по заглушению скважины;
- наличие вблизи платформы других сооружений (в первую очередь, постоянно обитаемых);
- возможность последующего взрыва;
- техническое состояние корпуса;

эффективность работы противопожарной защиты и т.п.

Следует также учитывать, что данный пожар может вызвать пожар разлития и огненный шар.

В отношении воздействия на человека следует рассматривать такие поражающие факторы, как: непосредственное воздействие огня, избыточное давление, тепловое излучение.

**2.2.2.4.4** Пожары во внутренних помещениях можно разделить на три основные группы: пожары в энергетических отсеках (кроме чисто электротехнических отсеков и помещений); пожары электрооборудования; пожары в служебных, бытовых и жилых помещениях.

Основными причинами возникновения пожаров во внутренних помещениях являются:

нарушение режимов работы и правил эксплуатации оборудования и приборов; аварии и поломки оборудования, машин, механизмов и приборов, а также обслуживающих их систем.

Источником возникновения пожаров во внутренних помещениях могут быть:

искры любого происхождения;

открытое пламя;

поверхности, нагретые до температуры воспламенения ГСМ (неизолированные части газовыхлопов, перегретые подшипники, электрооборудование);

неисправная электропроводка.

### **2.2.3 Специфические аварийные ситуации для платформ.**

#### **2.2.3.1 Установки самоподъемного типа (СПБУ).**

**2.2.3.1.1** В отношении СПБУ могут быть реализованы все виды аварийных ситуаций согласно [2.2.2.](#)

**2.2.3.1.2** Специфическими потенциальными аварийными ситуациями для платформ самоподъемного типа могут являться:

просадка колонн при задавливании в грунт;

заклинивание устройства подъема и спуска при подъеме корпуса платформы в рабочее положение;

размыв грунта при действии донных течений;

разжижение грунта при переменных нагрузках;

опрокидывание и сдвиг платформы, а также просадка колонн при ветроволновых нагрузках и ударе судна или другого плавающего объекта в опорную колонну;

перекосы и нарушение целостности колонн при выдергивании их из грунта;

разъезжание колонн в грунте в распор при неблагоприятном сочетании внешних нагрузок и особенностей реакций грунта;

катастрофические последствия повреждения одной из колонн трехопорной установки;

выбросы газа, сопровождаемые грифоном, в районе опорных колонн;

застревание корпуса платформы на полпути подъема или спуска на опорных колоннах;

потеря работоспособности механизмов подъема; повреждение конструктивных элементов опорных колонн вследствие соударения с судном или другим плавающим объектом;

катастрофические последствия в результате землетрясения в связи с изменившимися свойствами основания.

#### **2.2.3.2 Платформы полупогружного типа (ППБУ).**

**2.2.3.2.1** В отношении ППБУ могут быть реализованы все типы аварийных ситуаций согласно [2.2.2.](#) Спецификой данных платформ является то, что для них не следует рассматривать аварийные ситуации, связанные с землетрясениями.

**2.2.3.2.2** Специфическими потенциальными аварийными ситуациями для платформ полупогружного типа могут быть:

повреждения (остаточные деформации, нарушения целостности) конструктивных элементов понтонов, стабилизирующих колонн, раскосов, верхнего корпуса и их соединений;

затопление пустого отсека;

утечка нефтепродуктов;

наклонение корпуса ППБУ;

разрыв якорных цепей;

сочетание указанных аварийных ситуаций.

## 2.3 МЕТОДЫ АНАЛИЗА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

### 2.3.1 Опросный лист.

Использование опросных листов является обычным методом выявления соответствия со стандартами. Примерный опросный лист для анализа аварийной ситуации на морской буровой платформе приведен в [приложении 1](#).

Опросный лист прост в применении и может использоваться во время проектирования, строительства, эксплуатации, аварийной обстановки. с помощью опросного листа определяется минимально допустимый уровень опасности.

Опросные листы при необходимости могут составляться для специфических ситуаций и применяться для оценки правильности выполнения стандартных технологических операций и определения проблем, которые нуждаются в повышенном внимании.

Опросный лист является самым быстрым и простым методом анализа аварийной ситуации и очень эффективен в процессе управления стандартными аварийными ситуациями.

### 2.3.2 Анализ ситуации «Что, если...» ("What if...").

Этот метод вплотную примыкает к методу использования опросных листов.

Этот метод основывается на вопросах, которые начинаются с «Что, если...». Метод рассматривает развитие ситуации после «Что, если...». Составители анализа должны быть осторожными и в достаточной степени реалистичными, чтобы не придумывать невероятных схем развития событий.

Анализ типа «Что, если...» может применяться при проектировании, модификации или эксплуатации буровой платформы. Его результатом является список проблемных участков, в которых могут возникнуть аварии, и предполагаемые методы предупреждений и профилактики аварий.

### 2.3.3 Изучение аварийных ситуаций (HAZID).

В этом анализе должна принимать участие группа специалистов разных профилей, которые определяют аварийные ситуации и работоспособность платформы, используя структурную форму анализа типа «Что, если...».

Конструктивное решение каждой составляющей технологической схемы анализируется в том виде, в котором оно представлено в проектной документации.

Метод HAZID может использоваться во время проектирования, модификации и эксплуатации платформы. Результатом анализа является список проблем, связанных с потенциальными авариями или снижением работоспособности платформы, а также типы неисправностей и последствия каждой неисправности.

### 2.3.4 Анализ дерева событий (Event Tree).

Этот метод является индуктивным методом, предназначенным для исследования корней аварии и нахождения основных ошибок, которые ее вызвали. Он также дает основу аналитикам для определения риска аварии.

Анализ дерева событий заключается в построении последовательности событий (ветвей дерева), приводящих к главному событию (событию в вершине дерева). В [приложении 2](#) приведены некоторые примеры деревьев событий.

Этот метод используется при проектировании, модификации и эксплуатации платформы. Он особенно полезен при анализе новых технологий, конструктивных решений, эксплуатационных условий, которые еще не прошли апробации на практике. Метод обеспечивает:

качественное описание потенциальных проблем, включая комбинации потенциальных событий;

количественные оценки частоты событий для каждой ветви дерева, позволяющие определить вклад каждого события в оценку риска.

### **2.3.5 Анализ цепи ошибок (Fault Tree).**

Этот метод является дедуктивным методом, в центре которого лежит определенное событие, повлекшее аварию, которое называется главным событием, и построение логической схемы всех взаимосвязей, которые могут привести к этому событию. Цепь ошибок является графической иллюстрацией различных конструктивных ошибок, неисправностей оборудования, влияния внешних условий и человеческих ошибок, которые могут приводить к аварии.

В [приложении 3](#) приведены некоторые примеры деревьев ошибок и неполадок.

### **2.3.6 Изучение работоспособности платформ при аварийных ситуациях (HAZOP).**

Этот метод может использоваться во время проектирования, модификации и эксплуатации платформы. Результатом анализа является список проблем, которые могут привести к потенциальной аварии или к снижению работоспособности платформы, а также список рекомендуемых изменений, предложений или действий, направленных на улучшение безопасности или работоспособности. Время и эффективность этого метода напрямую зависят от размера и сложности платформ и от опыта экспертов, которые определяют аварийные ситуации и работоспособность платформы, используя структурную форму анализа типа «Что, если...» (см. [2.3.2](#)).

### **2.3.7 Анализ неисправностей и их последствий (FMEA).**

Этот анализ применяется при определении единичных типов неисправностей, которые могут служить причиной или способствуют возникновению аварии. Анализ типа неисправностей и их последствий может применяться вместе с другими способами определения опасностей, как например, описанный в [2.3.5](#).

Назначение этого анализа – определение типов неисправностей и последствий каждой неисправности для платформы. На стадии проектирования этот метод может использоваться для определения потребностей в дополнительных защитных мерах или в их сокращении. Во время модификации платформы анализ неисправностей используется для определения ее влияния на существующие конструкции и оборудование. Этот метод применяется также во время эксплуатации для определения единичных неисправностей, которые могут привести к значительным по масштабу последствиям. Поскольку этот метод субъективен, его исполнение требует как минимум двух экспертов, знающих процессы и оборудование.

При включении в анализ уровня критичности каждого типа неисправностей метод переходит в критический анализ типов неисправностей и их последствий.



### 3 МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК РИСКА (QRA)

#### 3.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**3.1.1** Целью оценок риска является фокусированное внимание на областях наиболее высоких уровней риска, а также определение факторов, оказывающих на них значимое влияние. Кроме того, целью оценок риска является установление взаимосвязи между режимами ИМО с последствиями аварий для возможности установления регулируемых мероприятий по снижению риска.

**3.1.2** В число рассматриваемых аварийных ситуаций должны войти те, которые позволяют определить различные типы рисков (для людей, для окружающей среды, для конструкций и оборудования).

**3.1.3** Объявленные в [3.1.1](#) цели оценок риска могут быть достигнуты, в первую очередь, построением так называемых деревьев событий (см. [2.3.4](#)) и деревьев ошибок (см. [2.3.5](#)). Кроме этого могут быть использованы другие подходящие методы (см. [2.3](#)).

**3.1.4** Количественное определение вкладов в риски, как правило, состоит из трех стадий, базирующихся на статистике аварий:

категории и подкатегории аварий определяются в зависимости от их повторяемости (частоты);

значимость результата аварии выражается в терминах риска;

распределения результирующих характеристик по всем подкатегориям аварий определяются в терминах риска для возможности оценки степени вкладов каждой подкатегории в общий риск.

**3.1.5** Математическая технология QRA может включать в себя различные статистические модели, включая Байесовскую статистику, метод Монте-Карло, формулу полной вероятности и другие адекватные статистические методы.

Например, формула полной вероятности при определении  $QRA_k$  записывается следующим образом:

$$QRA_k = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i Q_{ik}, \quad (3.1.5)$$

где  $Q_i$  – повторяемость рассматриваемой  $i$ -ой ситуации (аварийного случая);  
 $Q_{ik}$  – риск аварии (как пример, вероятность реализации  $j$ -ой ветви дерева событий в случае использования метода [2.3.4](#));  
 $n$  – число рассматриваемых сценариев (случаев) на данном виде аварии (либо число ветвей деревьев событий);  
 $k$  – соответствует данному виду аварии.

**3.1.6** Статистические модели, соответствующие описанию реакций платформ на внешние воздействия (ветер, волнение, течение, лед, сейсмика) не должны противоречить используемым в Правилах ПБУ.

#### **3.1.7 Диаграмма влияния.**

Чаще всего она используется для сопоставления каких-либо вариантов решения. Наибольшее внимание здесь должно быть сосредоточено на районе повышенного риска. В этих случаях может использоваться диаграмма, реализующая предложение, основанное на матрице рисков.

На базе этой [таблицы 3.1.7](#) можно получать как количественные, так и качественные результаты.

Таблица 3.1.7

Типовая матрица рисков<sup>1</sup>

Частая	8	9	10	11
Умеренно вероятная	6	7	8	9
Маловероятная	4	5	6	7
Крайне маловероятная	2	3	4	5
↑ вероятности последствия →	Несущественные	Малозначительные	Значительные	Катастрофические
<sup>1</sup> Определение терминов – см. <a href="#">5.2</a> .				

**3.1.8** В результате оценки риска производится:

- идентификация областей повышенного риска;
- идентификация факторов, принципиально влияющих в регулируемом режиме на уровень риска;
- переоценка риска для каждого варианта управления риском, выбранного на следующем третьем шаге формализованной оценки безопасности (см. [разд. 4](#)).

## 3.2 ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ РИСКОВ

**3.2.1** При анализе аварийных ситуаций определяются индивидуальные риски, характеризующие частоту возникновения поражающих воздействий определенного вида.

Значение годового индивидуального риска (AIR) при каком-либо воздействии, аварийном случае определяется по формуле

$$AIR_k = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i Q_{ik} Q_{ik}^p, \quad (3.2.1)$$

где  $Q_i Q_{ik}$ , и  $n$  – см. 3.1.5;  
 $Q_{ik}^p$  – условная вероятность поражения человека при реализации  $i$ -ой ветви дерева событий.

**3.2.2** Оценка индивидуального риска для персонала, находящегося в районе воздействия поражающих факторов при пожаре/взрыве на наружных установках.

**3.2.2.1** Величина индивидуального риска  $R_{IR}$  для наружных установок при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей рассчитывается по формуле

$$R_{IR} = \sum_{i=1}^n Q_{fi} Q_{P in j}, \quad (3.2.2.1)$$

где  $Q_{fi}$  – годовая частота возникновения  $i$ -й аварии сгорением газо-, паро- или пылевоздушной смеси на рассматриваемой наружной установке, год<sup>-1</sup>;  
 $Q_{P in j}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, избыточным давлением при реализации указанной аварии  $i$ -го типа;  
 $n$  – количество типов рассматриваемых аварий.

**3.2.2.2** Величина индивидуального риска  $R_{IR}$  при возможном сгорании веществ и материалов рассчитывается по формуле

$$R_{IR} = \sum_{i=1}^n Q_{fi} Q_{f in g i}, \quad (3.2.2.2)$$

где  $Q_{fi}$  – годовая частота возникновения пожара на рассматриваемой наружной установке в случае аварии  $i$ -го типа, год<sup>-1</sup>;  
 $Q_{f in g i}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, тепловым излучением при реализации аварии  $i$ -го типа;  
 $n$  – количество типов рассматриваемых аварий.

Значение  $Q_{fi}$  определяется из статистических данных или на основе методик, изложенных в нормативных документах, утвержденных в установленном порядке.

Допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина  $Q_f$  для которой принимается равной годовой частоте возникновения пожара на наружной установке по нормативным документам, утвержденным в установленном порядке, а значение  $Q_{f in g i}$  вычислять, исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу.

**3.2.2.3** Условная вероятность  $Q_{P in j}$  поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей на расстоянии  $r$  от эпицентра определяется следующим образом:

вычисляется избыточное давление  $\Delta P$  и импульс 1 по методам, описанным в НПБ 105-03;

исходя из значений  $\Delta P$  и  $i$ , вычисляется величина «пробит» – функции  $P_r$  по формуле

$$P_r = 5 - 0,26 \ln(V), \quad (3.2.2.3)$$

где  $V = (17500/\Delta P)^{8,4} + (290/i)^{9,3}$ ;

$\Delta P$  – избыточное давление, Па;  
 $i$  – импульс волны давления, Па с.

Далее с помощью [табл. 3.2.2.5](#) определяется условная вероятность поражения человека. Например, при значении  $P_r = 2,95$  значение  $Q_{p inj} = 2\% = 0,02$ , а при  $P_r = 8,09$  значение  $Q_{p inj} = 99,9\% = 0,999$ .

При этом для персонала учитывается коэффициент обучения и тренированности персонала, равный 0,7 (то есть значение  $Q_{p inj}$  умножается на 0,7).

**3.2.2.4** При определении вероятности поражений людей, непосредственно связанных с авариями, используются следующие общие положения:

в связи с неопределенностью условий поражения людей, находящихся в замкнутых пространствах оценка числа пострадавших производится без разделения на погибших и раненых;

при оценке числа пострадавших учитываются только первичные потери, возникающие непосредственно в момент начала аварии и следующий за ним начальный период ее развития;

не учитываются возможные потери в составе аварийно-спасательных команд, участвующих в работах по локализации и ликвидации последствий аварий;

предполагается, что персонал выполняет все действия, предписанные правилами безопасности по сигналам предупреждений и тревог (покидание рабочих мест в опасных зонах, использование коллективных и индивидуальных средств защиты).

**3.2.2.5** Условная вероятность поражения человека тепловым излучением  $Q_{f inj i}$  определяется следующим образом:

**.1** рассчитывается величина  $R_r$  по формуле

$$R_r = -14,9 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (3.2.2.5.1)$$

где  $t$  – эффективное время экспозиции, с;  
 $q$  – интенсивность теплового излучения, кВт/м<sup>2</sup>, определяемая в соответствии с методом расчета интенсивности теплового излучения при расчете категорий помещений и наружных установок;

**.2** величина  $t$  находится:

для пожаров проливов легковоспламеняющихся жидкостей, горючих жидкостей и твердых материалов по формуле

$$t = t_0 + x/v \quad (3.2.2.5.2)$$

где  $t_0$  – характерное время обнаружения пожара, с, (допускается принимать  $t = 5$  с);  
 $x$  – расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт/м<sup>2</sup>, м;  
 $v$  – скорость движения человека, м/с (допускается принимать  $v = 5$  м/с);

**.3** для воздействия «огненного шара» – в соответствии с методом расчета интенсивности теплового излучения;

.4 с помощью [табл. 3.2.2.5](#) определяется условная вероятность  $Q_{inj i}$  поражения человека тепловым излучением.

При этом для персонала учитывается коэффициент обучения и тренированности персонала, равный 0,7 (то есть условная вероятность  $Q_{inj i}$  поражения человека тепловым излучением умножается на 0,7).

Если для рассматриваемой технологической установки возможен как пожар пролива, так и «огненный шар», должны быть учтены оба указанных выше типа аварии.

Таблица 3.2.2.5

**Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины  $R_r$**

Условная вероятность поражения %	Величина $R_r$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
–	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

**3.2.2.6** При невозможности определения вероятности поражения людей в различных сценариях аварий принимаются следующие положения.

**3.2.2.6.1** При струйных пожарах:

весь персонал, находящийся непосредственно в зоне горящей утечки газа, подвергается высоким уровням теплового излучения, свойственного струйным пожарам. Для целей оценки риска принимаются следующие возможные последствия:

- незначительные утечки с ранним возгоранием не приводят к смертельным исходам;
- средние утечки с ранним возгоранием приводят к смерти до 25 % работников, находящихся непосредственно в зоне аварии;
- крупные утечки с ранним возгоранием приводят к смерти до 50 % работников, находящихся непосредственно в зоне аварии.

Учитывая, что эскалация аварий под воздействием струйных пожаров может происходить только после длительного воздействия на огнезащитные ограждения и перекрытия, принимается, что такие случаи не приводят к смертельным исходам.

**3.2.2.6.2** При площадных возгораниях (при пожарах проливов):

весь персонал, находящийся непосредственно в зоне, где возникает пожар пролива, подвергается воздействию дыма и теплового излучения, свойственного пожарам. Рассматриваются следующие возможные последствия:

- незначительные утечки с ранним возгоранием не приводят к смертельным исходам;
- средние утечки с ранним возгоранием приводят к смерти до 5 % работников, находящихся непосредственно в зоне аварии;
- крупные утечки с ранним возгоранием приводят к смерти до 10 % работников, находящихся непосредственно в зоне аварии.

Учитывая, что эскалация аварий под воздействием площадных пожаров может происходить только после длительного воздействия на огнезащитные

ограждения и перекрытия, принимается, что такие случаи не приводят к смертельным исходам.

**3.2.2.6.3** При взрывах:

в данной оценке вероятность взрывов связана с отложенным возгоранием газового облака в замкнутой зоне, причем время задержки зависит от интенсивности утечки. Хотя во всех случаях персонал имеет возможность покинуть непосредственную зону аварии к моменту воспламенения утечки, однако возможные ошибки и другие сопутствующие аварии обстоятельства могут приводить к прямым смертельным исходам от ударных нагрузок, которые приняты на уровне 10 % для средних утечек и 25 % для крупных утечек.

**3.2.3** Значение суммарного годового индивидуального риска ( $AIR_{\Sigma}$ ) при различных воздействиях (например от землетрясения, при пожаре, взрывах, падении предметов и т. п.) определяется как сумма  $AIR$  для отдельных воздействий, т.е.

$$AIR_{\Sigma} = \sum_{k=1}^{k=m} AIR_k, \quad (3.2.3)$$

где  $m$  – принятое во внимание число возможных поражающих факторов.

**3.2.4** Социальный риск определяется с помощью  $FN$ -кривых, связывающих уровень частоты аварий ( $F$ ) с числом смертельных случаев при аварии ( $N$ ).

Социальный риск оценивает масштаб возможных катастроф. Он является интегральной характеристикой последствий реализаций определенного вида. Значение социального риска (т.е. риска со смертельным исходом) при  $N = 1$  используется для определения годового индивидуального риска. Пример построения  $FN$ -кривых приведен в [приложении 4](#).

**3.2.5** Подсчитывается средняя приемлемая величина стоимости потери жизни  $R_A$  по формуле

$$R_A = qE,$$

где  $q$  – приведенный индикатор осреднений фатальных исходов, приходящихся на внутренний валовой продукт. в денежном измерении  $q = 1,0$  на млрд долларов США.

$E$  – внешний валовой продукт, млрд долларов США.

Среднюю приемлемую величину  $R_A$ , соответствующую точке  $F_1$  на кривой  $FN$  (частота случаев с одним и более фатальных исходов), рекомендуется определять по формуле

$$F_1 = qE / \sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N},$$

где  $N_u$  – верхний предел числа фатальных исходов, которые могут иметь место при одном инциденте. Для инцидентов, не вовлекающих третью сторону, этот верхний предел достигает численности экипажа и, возможно, других лиц на борту.

Зона ALARP может базироваться вокруг этого значения при допущении, что риски недопустимы, если они больше чем на порядок превышают величину приемлемого среднего значения ALARP, и пренебрежимы, если они более чем на один порядок ниже указанной величины.

### 3.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА КАТАСТРОФЫ ПОСЛЕ ПОЛУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИЕЙ ПОВРЕЖДЕНИЯ

**3.3.1** Настоящие рекомендации следует рассматривать как дополнение к оценке риска аварии (см. [3.1](#)). Предпочтение должно отдаваться аварийным событиям, которые могут привести к катастрофическим последствиям (см. [5.2](#)).

Рекомендации могут быть использованы для анализа уже произошедших событий с целью накопления опыта, при эксплуатации платформы, а также при проектировании в качестве прогноза.

**3.3.2** Риск катастрофы  $CR$  может быть определен следующим образом:

$$CR = CR_1 + (1 - CR_1)CR_2, \quad (3.3.2-1)$$

где  $CR_1$  – риск аварии (соответствует  $Q_{ik}$  из [3.1.5](#), если риск последствий аварии  $CR_2$  в соответствии с рекомендациями [3.3.4](#), не учтен в этой величине);  
 $CR_2$  – риск последствий аварии, определенный на основе нижеприведенных рекомендаций.

При определении количественных характеристик катастрофы  $QRA_k$  (см. [3.1.5](#)) и  $AIR_k$  (см. [3.2.1](#)) следует полагать:

$$Q_{ik} = CR. \quad (3.3.2-2)$$

**3.3.3** Алгоритм строится следующим образом: полагается, что авария произошла, конструкция получила повреждение (повреждения) и далее анализируются последствия этих повреждений. В основе алгоритма – конструктивная достаточность (см. [4.1.6](#)), так как, в конечном итоге, «гибель» конструкции приведет к человеческим жертвам и ущербу для окружающей среды.

**3.3.4** При оценке последствий повреждения рекомендуется рассматривать следующие задачи.

**3.3.4.1** Идентификация повреждения. Здесь следует ответить на вопрос: принималось ли во внимание данное повреждение при проектировании платформы (т.е. насколько оно является расчетным). На практике реализация именно проектных повреждений весьма затруднительна. Всегда будут иметь место какие-либо отклонения.

При решении задачи рекомендуется, по крайней мере, ответить на следующие вопросы:

выполнялись ли при проектировании платформы прямые расчеты прочности поврежденной конструкции и какие случаи повреждения рассматривались;

каким запасом живучести (в смысле конструктивного резервирования) обладает конструкция.

**3.3.4.2** Оценка технического состояния конструкции в целом. Основной вопрос: насколько техническое состояние конструкции отвечало требованиям нормативных документов до получения повреждения (практически за «мгновение» до получения повреждения). Фактическое техническое состояние корпуса морской платформы может оказать в том числе неблагоприятное влияние на распространение повреждения.

При ответе на данный вопрос следует знать:

«возраст» морской платформы;

существует ли на платформе активная система по оценке и наблюдению за поведением конструкции (слежение за трещинами, деформациями и др.);

когда производилось последнее освидетельствование или дефектация корпуса платформы, результаты освидетельствования (дефектации): остаточные толщины,

остаточные деформации, трещины, разрывы, есть ли явно ослабленные зоны и особенно в районе повреждения;

при оценке характеристик остаточных толщин и деформаций допускалось ли отступление от требований нормативных документов (если да, то насколько данные отступления обоснованы);

выполнялся ли ремонт конструктивных элементов и качество ремонта;

на какой срок была продлена эксплуатация морской платформы после освидетельствования.

**3.3.4.3** Оценка внешних условий. Основной вопрос: будут или нет внешние нагрузки (от волнения, льда, другие нагрузки среды) превышать расчетные для поврежденной платформы? Речь идет о периоде времени «жизни» платформы после получения повреждения.

При решении задачи целесообразно учитывать следующее:

период года, во время которого произошло повреждение, ибо вероятность превышения расчетного значения нагрузки изменяется в течение года;

период времени, необходимый для принятия мер по предотвращению возможной катастрофы;

существует ли на платформе активная система оценки внешних условий (ветер, волнение, лед сейсмика и т. п.).

В конечном итоге, следует располагать реалистичным прогнозом внешних условий.

**3.3.4.4** Оценка возможности выхода из строя систем или устройств таких как: якорные линии, система динамического позиционирования и т.п. Особенно актуальна данная задача для плавучих морских платформ, а также для платформ, находящихся в режиме транспортировки.

При решении задачи целесообразно располагать следующей информацией:

фактическое техническое состояние систем или устройств;

внешние условия среды после повреждения конструкции платформы.

Решение задачи [3.3.4.4](#) связано с решением задачи [3.3.4.3](#) в части оценки внешних условий.

**3.3.4.5** Оценка возможности повреждения других элементов корпуса платформы. Решение данной задачи связано с решением задачи [3.3.4.1](#) (насколько реализовано конструктивное резервирование при проектировании платформы), задачи [3.3.4.2](#) (техническое состояние конструктивных элементов в районе повреждения и зонах возможного появления других повреждений), задачи [3.3.4.3](#) (насколько реально превышение расчетных внешних условий).

**3.3.5** Реализация алгоритма по оценке последствий повреждения может быть выполнена путем построения дерева событий. Дерево событий, рекомендованное в качестве типового, представлено в [табл. 3.3.5](#). Позиции 1, 2, 3, 4 и 5 дерева событий соответствуют основным задачам, определенным в [3.3.4.1 — 3.3.4.5](#).

**3.3.6** При разработке алгоритма по оценке последствий повреждения учтен имеющийся опыт проектирования и эксплуатации морских платформ. Дальнейшее накопление опыта должно способствовать развитию алгоритма.



Таблица 3.3.5

**Типовое дерево событий для оценки последствий после повреждения платформы**

Может ли данное повреждение быть идентифицировано как принятое во внимание (расчетное) при проектировании корпуса платформы?	Отвечало ли техническое состояние конструкции в целом нормативным документам?	Будет ли исключено превышение допускаемых внешних условий (нагрузки) для поврежденной платформы?	Будет ли исключен выход из строя систем или устройств, таких как: якорные линии, системы позиционирования и т.п.?	Будут ли исключены повреждения других элементов корпуса платформ?	Комбинированная вероятность: Да – последствия аварии минимальны, Нет – риск последствий аварии.
1	2	3	4	5	6
<p style="text-align: right;"><i>Риск последствий аварии = (2)+(3)+(4)+(5)+(6)</i></p>					

### 3.4 МЕТОДЫ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

#### 3.4.1 Метод Делфи.

С помощью метода Делфи (Delphi technique) реализуется «информированное интуитивное суждение», и для этого формулируется задача (проблема);

отбирается группа специалистов-экспертов, способных всесторонне охватить сформулированную задачу (проблему);

создаются условия, при которых группа экспертов может работать наиболее продуктивно, для чего во главе группы ставится опытный аналитик, хорошо знакомый с методом Делфи;

вся группа получает максимум имеющейся информации по рассматриваемой проблеме.

Организационно последовательность условий при использовании метода Делфи выглядит следующим образом:

.1 ведущий аналитик или кто-нибудь другой по его поручению подготавливает исходную информацию по проблеме, и происходит письменная или устная, а в необходимых случаях, и та и другая «презентация» проблемы перед группой отобранных экспертов;

.2 эксперты выносят свое суждение, оцениваемое либо ранжированием предложенных вариантов (если нет возможности для количественных оценок), либо, если существует возможность, оценивают количественно рассматриваемое явление;

.3 при ведущей роли аналитика происходит сравнение полученных мнений отдельных экспертов и обсуждение комментариев каждого из них;

.4 эксперты переоценивают свои первоначальные суждения, если для этого с их точки зрения есть предпосылки;

.5 составляется окончательный итог экспертизы.

#### 3.4.2 Коэффициент конкордации.

Степень согласия группы экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации  $W$ :

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^n x_{ij} - \frac{1}{2} m \cdot (n+1) \right\}^2}{m^2 (n^3 - n)}, \quad (3.4.2-1)$$

где  $m$  – число экспертов;  
 $n$  – число объектов.

Коэффициент  $W$  изменяется от 0 до 1.  $W = 0$  означает, что не существует связи между ранжированием экспертов;  $W = 1$  означает, что все эксперты одинаково ранжируют объекты по данному признаку.

Оценка значимости коэффициента конкордации определяется с помощью параметра  $Z$ :

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{(m-1)W}{1-W}, \quad (3.4.2-2)$$

который имеет распределение Фишера со степенями свободы

$$v_1 = n - 1 - \frac{2}{m} \text{ и } v_2 = (m - 1)v_1.$$

Для величины  $n > 7$  можно использовать критерий  $\chi^2$  Пирсона. Величина  $m(n-1)W$  имеет  $\chi^2$  распределение с  $v = n - 1$  степенями свободы.

В случае если ранжирование объектов по данному признаку содержит совпавшие ранги, коэффициент конкордации  $W$  следует определять по формуле

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m \cdot (n+1) \right]^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_j T_j}, \quad (3.4.2-3)$$

где  $m$  – число экспертов;  
 $n$  – число опасностей;

$$T_j = \frac{1}{12} \sum t_j (t_j^3 - t_j);$$

$t_j$  – число повторений каждого ранга в  $j$ -ом ряду.

Нормативные значения коэффициента конкордации  $W$  определены в [табл. 3.4.2](#).

Таблица 3.4.2

Нормативное значение $W$		
$W$	$>0,7$	Хорошее согласие
	$0,5 \div 0,7$	Приемлемое согласие
	$<0,5$	Неприемлемое

### 3.4.3 Коэффициент парной корреляции.

Для решения задач, связанных с обработкой информации, имеющей качественный, сравнительный характер, применяются методы ранговой корреляции.

При систематизации качественной информации используется так называемое ранжирование, под которым понимается расположение  $n$  объектов в порядке возрастания или убывания какого-либо признака  $X$ , количественно неизмеримого. Ранг  $x_i$  указывает то место, которое занимает  $i$ -ый объект среди других  $n$  объектов, ранжированных в соответствии с признаком  $X$ .

Статистикой связи ранжированных объектов является коэффициент ранговой корреляции. Коэффициент ранговой корреляции  $\rho$  оценивает связь между качественными признаками отдельных объектов, не поддающимися точной количественной оценке:

$$\rho = 1 - \frac{6S(d^2)}{n(n^2-1)}, \quad (3.4.3-1)$$

где  $n$  – число объектов;

$$S(d^2) = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2; \quad (3.4.3-2)$$

где  $x_i, y_i$  – рассматриваемые свойства.

Свойства коэффициента ранговой корреляции:

$$-1 \leq \rho \leq +1.$$

$\rho = 0$  означает, что признаки  $X$  и  $Y$  для  $n$  объектов независимы ранжированием этих объектов по признаку  $Y$ .

$\rho = -1$  означает, что ранжирование объектов по признакам  $X$  и  $Y$  полностью противоположно.

В случае ранжирования с совпавшими рангами коэффициент ранговой корреляции вычисляется по следующей формуле:

$$\rho = \frac{\frac{1}{6}(n^3-n) - S(d^2) - T - U}{\sqrt{\left\{\frac{1}{6}(n^3-n) - 2T\right\}\left\{\frac{1}{6}(n^3-n) - 2U\right\}}}, \quad (3.4.3-3)$$

где  $T = \frac{1}{2} \sum_t t(t-1);$

$$U = \frac{1}{2} \sum_u u(u-1);$$

$t$  и  $u$  – число повторений каждого ранга, соответственно, в I и II рядах.

Если  $x_i$  и  $y_i$  являются случайными величинами, то коэффициент ранговой корреляции превращается в обычный коэффициент парной корреляции:

$$\rho = \frac{cov(XY)}{\sigma(X) \cdot \sigma(Y)}, \quad (3.4.3-4)$$

где  $\sigma(X)$  и  $\sigma(Y)$  – стандартные отклонения  $X$  и  $Y$ ;  
 $cov(XY)$  – ковариация  $X$  и  $Y$ .

## 4 УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

### 4.1 ВЫБОР УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

#### 4.1.1 Общие положения.

**4.1.1.1** Целью управления рисками является предложение эффективного и практически полезного варианта управления риском, включающего в себя три принципиальных этапа:

- фокусирование на областях риска, нуждающихся в управлении;
- идентифицирование потенциальных контрольных мер риска;
- группировка мер по управлению риском в практически регулируемые варианты.

**4.1.1.2** В процессе реализации [4.1.1.1](#) должна быть создана процедура выбора варианта управления риском, приемлемого и для существующих традиционных аварийных ситуаций, и для аварийных ситуаций, вызываемых новыми технологиями или новыми методами операций. На первом этапе производится классификация результатов качественной оценки риска таким образом, чтобы основные усилия были направлены на области, наиболее нуждающиеся в управлении. Основные аспекты, которые должны быть отражены при этом, следующие:

- аварии с неприемлемым уровнем риска рассматриваются в первую очередь;
- при составлении дерева ошибок и событий, прежде всего, идентифицируются риски, вносящие наибольший вклад в результат.

**4.1.1.3** Выбор варианта управления риском, прежде всего, связан с конкретными мерами по его управлению. Рекомендуется при установлении мер по управлению риском строить подробную причинную цепочку:

опасность → аварийная ситуация → авария → последствия.

Меры управления должны быть нацелены на:

- снижение частоты нарушений через качественное проектирование, использование современных технологий, организационную политику, «тренировку»;
- смягчение эффекта нарушений для предотвращения аварий;
- смягчение обстоятельств, при которых могут произойти нарушения;
- снижение уровня последствий аварий.

**4.1.1.4** В процессе выбора варианта управления риском соответствующие меры должны быть сгруппированы в ограниченное количество хорошо продуманных практически регулируемых вариантов.

Рекомендуются два возможных подхода для объединения индивидуальных мер в группы:

«общий подход», обеспечивающий управление риском с помощью оценки вероятности начала аварии; этот подход может быть эффективным для предотвращения последовательности нескольких различных аварий;

«дифференцированный подход», обеспечивающий контроль эскалации аварий вместе с возможностью влияния на дальнейшие стадии развития других, прямо не связанных с ними аварий.

**4.1.1.5** Выбранный способ управления рисками оценивается по своей эффективности в отношении снижения риска с помощью методов, изложенных в [разд. 3](#).

В результате выбранного варианта управления рисками составляется список мероприятий по его реализации.

#### 4.1.2 При внешних воздействиях.

**4.1.2.1** При выборе архитектурно-конструктивного типа платформ должна всемерно учитываться возможность минимизации действующих на нее внешних нагрузок, для чего используются современные методы анализа воздействий и реакций на них платформ.

**4.1.2.2** При решении вопросов безопасности платформ при внешних воздействиях должны учитываться все неблагоприятные их сочетания. Для платформ, соединенных с грунтом, должна быть обеспечена безопасность с учетом изменения свойств грунта в процессе эксплуатации.

**4.1.2.3** Для экологически ответственных платформ должно быть предусмотрено контрольно-измерительное оборудование, обеспечивающее оповещение персонала о неблагоприятных последствиях внешних воздействий. Оно может включать в себя контроль за внешней средой и основных реакций платформ на интенсивные воздействия (волнение, лед, сейсмику, реакции грунта).

Регистр приветствует установку на платформах нового типа расширенных комплексов контрольно-измерительного оборудования, дающего возможность его использования в исследовательском варианте с целью накопления информации о поведении платформ в штатных и нештатных ситуациях.

**4.1.3 При столкновениях с судами и плавающими объектами.**

Наиболее эффективным и действенным средством управления рисками является организация эшелонов безопасности вокруг платформ.

На стадии проектирования должна быть создана концепция безопасности, включающая в себя трехступенчатое управление рисками, для чего вводятся:

- эшелоны безопасности вокруг платформы;
- эффективная защита корпуса от столкновения;
- ограничения параметров повреждений.

**4.1.3.1** Эшелоны безопасности платформ включают в себя два типа.

*Наружный эшелон* (2 – 6 мильная зона вокруг платформы), где действуют ограничения по скорости и направлению движения судов. Степень ограничений зависит от:

- типов судов, их водоизмещения, осадки;
- маневренных качеств судов;
- их энерговооруженности (ВРШ, подруливающие устройства, поворотные движители, активная система удержания и др.).

В пределах эшелона должны действовать ограничения по буксировке плохо управляемых объектов.

*Внутренний эшелон* (0,5 – 2 мильная зона вокруг платформы), где действуют строгие ограничения по нахождению судов; скорость по направлению к платформе по радиусу зоны должна быть не более 2–4 уз. В зависимости от судна, его водоизмещения, энерговооруженности при маневрах, систем защиты судна и платформы от столкновения; в пределах эшелона исключена любая буксировка плохо управляемых объектов.

Радиусы эшелонов безопасности могут быть откорректированы в зависимости от типа платформы.

Контроль и предупреждение движения и нахождения судов в эшелонах безопасности должен осуществляться с платформы.

**4.1.3.2** Эффективная конструктивная защита корпуса платформ от столкновений с судами должна включать амортизационную защиту и деформационную защиту корпуса.

Амортизационная защита платформы от судов, швартующихся в море, обеспечивается пневматическими кранцами или иными амортизационными средствами, эквивалентными по энергоемкости и удельному контактному усилию.

Деформационная защита платформы обеспечивается сминаемыми конструкциями, рассеивающими при своей невозвратной деформации энергию столкновения и гасящими контактное усилие до величины, воспринимаемой амортизационной защитой.

Допускается, что один тип защиты может устанавливаться на платформах, а другой тип – на судах обеспечения и транспортировки.

Эффективная конструктивная защита корпуса платформ должна обеспечивать согласно части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов швартовку судов специального назначения при волнении моря до 6 баллов включительно.

**4.1.3.3** Если защита, несмотря ни на что, оказалась пробитой и платформа получила повреждение корпуса, то наружные размеры этого повреждения не должны превышать подтвержденные специальными расчетами.

При превышении габаритных размеров повреждения Регистр вправе принять решение о повышении степени риска эксплуатации платформы и необходимости выведения ее из эксплуатации. Допускаемые параметры повреждений следует определять согласно [4.1.6](#). При появлении течи следует принять срочные меры по ее устранению и, в случае необходимости, руководствоваться комплексом мероприятий согласно части V «Деление на отсеки» Правил классификации и постройки морских судов.

#### **4.1.4 При взрывах, падающих и летящих предметах.**

**4.1.4.1** Мероприятия по управлению рисками, связанными с взрывами, падающими и летящими предметами, а также падением вертолета можно объединить в две группы по признаку их влияния на различные стадии аварии:

мероприятия, влияющие на потенциальный источник аварийной ситуации и обеспечивающие уменьшение вероятности возникновения аварийной ситуации;

мероприятия, влияющие на развитие аварии и обеспечивающие уменьшение ее последствий.

Мероприятия первой группы относятся только к источникам взрывов и падающих (летающих) предметов, находящихся на платформе.

**4.1.4.2** К основным мероприятиям первой группы относятся:

консервативный подход при проектировании, базирующийся на широком использовании накопленного положительного опыта проектирования в отношении обеспечения безопасности;

проведение периодических инспекций (освидетельствований и т.п.) оборудования и других источников взрыва и падающих (летающих) предметов в процессе эксплуатации; инспекции должны быть достаточно частыми, чтобы обеспечить соответствующий запас во времени между обнаружением дефекта (неисправности) и возможным разрушением;

использование для источников, характеризующихся достаточно высокими (близкими к максимальным для данного типа явлений) параметрами и характеристиками поражающих факторов, систем наблюдения; метод наблюдения состоит в том, чтобы контролировать определенные условия, которые могут указывать на начало отказа; примером системы является система вибрационных датчиков на крупном оборудовании, имеющем вращающиеся узлы.

К мероприятиям первой группы следует также относить весь комплекс противопожарных мероприятий.

**4.1.4.3** К основным мероприятиям второй группы относятся:

размещение, компоновка и соответствующая ориентация оборудования; резервирование систем, способных влиять на процесс развития и масштаб последствий аварии;

физическое разделение резервных систем безопасности;

применение специальных защитных конструкций (систем конструктивной защиты);

использование в качестве защитных барьеров штатных конструкций (путем их специального проектирования);

обеспечение предпочтительного (наименее опасного по масштабу последствий) развития аварии (распространения поражающих факторов).

**4.1.4.4** Для обеспечения необходимого уровня безопасности (приемлемого уровня риска), как правило, требуется реализация комплекса мероприятий первой и второй групп.

Наилучшим следует считать тот подход, который позволяет уменьшить до приемлемо малой величины вероятность возникновения взрыва, летящего или падающего предмета. На это направлены мероприятия первой группы.

Следующим по предпочтительности является подход, обеспечивающий уменьшение или исключение воздействия поражающих факторов на объект (помещение, оборудование, персонал и т.д.), важный для безопасности. И далее следует тот подход, который обеспечивает приемлемый масштаб последствий. На решение последних двух задач направлены мероприятия второй группы.

#### **4.1.5 При пожарах и выбросах.**

С целью обеспечения безопасности при пожаре на ПБУ должен быть проведен комплекс противопожарных мероприятий. Все эти мероприятия целесообразно разделить на четыре группы.

**4.1.5.1** К первой из них относятся мероприятия организационного характера, а именно:

- разработка и официальное оформление инструкций на производство всех работ, выполняемых на ПБУ;

- разработка должностных инструкций для всего персонала ПБУ;

- строгое соблюдение норм и требований техники безопасности при производстве любых работ на установке, внедрение системы разрешения на проведение всех пожароопасных работ;

- разработка и официальное оформление четких указаний по действию персонала при тушении пожара;

- разработка и внедрение системы обучения работе на ПБУ с контролем знаний, полученных персоналом.

**4.1.5.2** Во вторую группу включаются мероприятия технического характера, направленные на предотвращение возможности возникновения пожара на ПБУ. Важнейшими из них являются:

- применение на ПБУ в опасных в пожарном отношении зонах и помещениях оборудования, машин, механизмов, приборов и систем в противовзрывном и противопожарном исполнении;

- установка на ПБУ специальной системы, предотвращающей выброс фонтана нефти и (или) газа;

- использование на ПБУ систем транспортировки горючих жидкостей, в которых возможность утечки топлива или масла сведена к минимуму;

- обеспечение требуемого состава воздуха в помещениях ПБУ путем установки систем газового анализа и вентиляции;

- ограничения на использование горючих материалов в служебных, бытовых и жилых помещениях ПБУ.

**4.1.5.3** Мероприятия по пассивной защите от огня, направленные на предотвращение его распространения на ПБУ (часть VI «Противопожарная защита» Правил классификации и постройки морских судов) составляют третью группу противопожарных мероприятий. с точки зрения управления рисками определяющими из них следует признать: модульное проектирование установки по технологическому принципу;

- отделение одного модуля от другого, а также одного пожароопасного помещения от другого с помощью коффердамов либо газонепроницаемых огнестойких переборок;

- реализация специальных мер по обеспечению безопасной эвакуации персонала из любых служебных, бытовых или жилых помещений с помощью проходов, коридоров, шахт, оборудованных противопожарной защитой;

- устройство на ПБУ специального помещения-убежища, в котором персонал может находиться в безопасности в течение определенного промежутка времени, необходимого либо на ликвидацию пожара, либо для эвакуации людей с борта ПБУ.



**4.1.5.4** Четвертая группа включает в себя мероприятия по активной борьбе с огнем. В ее состав входят системы тушения огня, основанные на различных физических и химических принципах действия, а именно: водопожарная, спринклерная, водораспыления, водяных завес, водяного орошения, углекислотного тушения, тушения инертными газами, пенотушения, порошкового тушения, аэрозольная.

**4.1.6 Конструктивная достаточность.**

**4.1.6.1** Вопросы контроля конструктивной достаточности должны рассматриваться при проектировании, строительстве и эксплуатации морских платформ, а также при модернизации конструкции корпуса.

Обеспечение конструктивной достаточности достигается за счет обеспечения: прочности конструкции, конструктивной целостности, эксплуатационной надежности, живучести конструкции.

**4.1.6.2** Основное внимание при обеспечении конструктивной достаточности должно уделяться:

специальным конструктивным элементам; основным конструктивным элементам, важность которых обусловлена обеспечением непроницаемости и безопасности обслуживающего персонала платформы (например, таким как: конструкции вертолетной площадки, рабочей палубы, районов швартовки судов);

основным конструктивным элементам, которые отвечают за живучесть конструкции.

**4.1.6.3** Меры контроля конструктивной достаточности (которые могут быть организационными, техническими, конструктивными и др.) подразделяются на традиционные, дополнительные и специальные.

**4.1.6.3.1** Традиционные меры контроля нацелены на обеспечение прочности конструкции, конструктивной целостности, эксплуатационной надежности и регламентируются требованиями Правил классификационных освидетельствований судов в эксплуатации.

**4.1.6.3.2** Дополнительные меры контроля нацелены, главным образом, на обеспечение конструктивной целостности, эксплуатационной надежности и связаны с использованием нетрадиционных материалов, уникальных конструкций и узлов, нетрадиционных методов контроля.

**4.1.6.3.3** Специальные меры контроля нацелены, главным образом, на обеспечение живучести конструкции и обязательно связаны с оценкой возможности аварийных ситуаций (см. 2.1.3).

**4.1.6.4** Традиционные меры контроля включают:

**.1** при проектировании:

расчет прочности конструкции на заданные нагрузки в соответствии с принятыми критериями;

удовлетворение требований к минимальным толщинам;

разработку специальных инструкций и нормативных документов по обеспечению эксплуатационной надежности сооружения (например, Руководство по эксплуатации ПБУ, Методических указаний по оценке технического состояния корпуса, Рекомендаций по подводному обследованию и т.п.);

экспертизу расчетов прочности, другие мероприятия по обеспечению качества проектирования;

**.2** при строительстве: контроль качества основного материала; контроль качества соединений конструктивных элементов;

контроль изготовления конструкции в целом, другие мероприятия по обеспечению качества изготовления;

**.3** при эксплуатации:

периодическое освидетельствование и дефектацию конструктивных элементов и их соединений, включая обследование подводной части конструкции с использованием современных технических средств подводного контроля;

выявление конструктивных элементов, не удовлетворяющих требованиям нормативных документов по оценке технического состояния конструкции; ремонт конструктивных элементов.

**4.1.6.5** Дополнительные меры контроля.

**4.1.6.5.1** При проектировании дополнительные меры контроля включают: экспериментальные исследования прочности и работоспособности нетрадиционных конструкций корпуса и узлов;

разработку специальных требований по конструированию уникальных конструкций и узлов;

экспериментальные исследования нетрадиционных материалов и разработку специальных требований для них;

в случае необходимости разработку специальных нормативных документов в обеспечение эксплуатационной надежности нетрадиционных конструкций, разработку специальных требований к нетрадиционным системам контроля, таким как: автоматизированный контроль параметров внешней среды, акустико-эмиссионный контроль за распространением усталостных трещин, контроль с использованием образцов-свидетелей и т.п.

**4.1.6.5.2** При строительстве дополнительные меры контроля заключаются в использовании нетрадиционных материалов и контроле качества изготовления конструкции из них.

**4.1.6.5.3** При эксплуатации дополнительные меры контроля заключаются в использовании нетрадиционных систем контроля и обеспечении качества их работы.

**4.1.6.6** Специальные меры контроля разрабатываются при проектировании и реализуются при строительстве и эксплуатации платформ.

**4.1.6.6.1** В целом удовлетворительная защита от аварийного повреждения достигается двумя способами: низкой вероятностью повреждения, приемлемыми последствиями повреждения. Специальные контрольные меры нацелены, главным образом, на приемлемые последствия повреждения.

**4.1.6.6.2** Контрольные меры по обеспечению живучести конструкции включают: конструктивные меры, направленные на то, чтобы выдерживать воздействия аварийных событий или снижать до минимума их последствия;

организационные меры по снижению аварийности, такие как: разработка специальных аварийных планов и мероприятий в отношении минимизации риска столкновения с судами, айсбергами и других аварийных событий;

меры технического характера, связанные, например, с использованием систем и устройств для контроля за механизмами, повреждение которых может привести к разрушению корпуса платформы (например, таковым механизмом является механизм подъема и спуска опорных колонн СПБУ).

**4.1.6.6.3** Особую роль при обеспечении живучести конструкции играет конструктивное резервирование. Конструктивную схему следует выбирать так, чтобы ее несущая конструкция и наиболее ответственные элементы сохраняли целостность во время и непосредственно после аварии, а другие конструктивные элементы при этом могут быть повреждены. После получения повреждения конструкция должна выдерживать минимальные функциональные нагрузки и нагрузки внешней среды на протяжении определенного времени вплоть до вывода платформы из эксплуатации.

**4.1.6.6.4** Регистром могут быть потребованы расчеты или другие обоснования на основе инженерных подходов, подтверждающие, что прочность корпуса с поврежденным элементом будет обеспечена, т.е. повреждение определенной связи (связей) не приведет к разрушению корпуса платформы.

Данная задача должна решаться с учетом следующего:

расчетные условия повреждения (поврежденные элементы, другие параметры) должны быть определены применительно к конкретной морской платформе с учетом рассматриваемых аварийных ситуаций и конструктивных особенностей сооружения;

если отсутствуют специальные указания в соответствующих частях настоящих Правил и других нормативных документах Регистра, то в качестве расчетных нагрузок следует использовать функциональные нагрузки, создаваемые только весом платформы, груза и оборудования (т.е. полагается, что механизмы, системы и устройства могут не работать), а также нагрузки внешней среды, соответствующие наибольшим в течение одного года для данного района эксплуатации;

в качестве критерия прочности должен рассматриваться критерий предельной прочности, записанный в виде формулы

$$F \leq R, \quad (4.1.6.6.4)$$

где  $F$  – расчетное значение обобщенного силового воздействия;  
 $R$  – расчетное значение обобщенной несущей способности (расчетное сопротивление конструкции);

Методы расчета могут быть основаны на пластическом анализе поведения конструктивных элементов.

**4.1.6.7** Выше охарактеризованные положения по контролю конструктивной достаточности следует воспринимать как минимальные требования общего характера, на базе которых должны определяться индивидуальные требования применительно к морской платформе конкретного типа с учетом оценки возможности аварийных ситуаций.

**4.1.6.8** Контрольные меры по конструктивной достаточности будут более убедительными, если использовать имеющуюся информацию в отношении повреждений конструкций платформ вследствие аварийных событий. Накопление такой информации должно выполняться по форме [приложения 4](#).

## 4.2 СТОИМОСТНЫЕ ОЦЕНКИ, СВЯЗАННЫЕ С МЕРОПРИЯТИЯМИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ

**4.2.1** Целью этого шага является определение пользы и стоимости, связанной с реализацией каждого из вариантов управления риском, идентифицированных и определенных в [4.1](#).

**4.2.2** Стоимостная полезность оценки состоит из следующих этапов: рассмотрение рисков, оцененных в [разд. 3](#), в зависимости от частоты и последствий для выявления базовой причины в зависимости от уровня риска обследуемой ситуации; классификация вариантов управления риском, определенных в [4.1](#), для ориентировки в понимании стоимостей и выгод в результате применения того или иного варианта управления риском;

оценка соответствующих стоимостей и выгод при выборе варианта управления риском;

оценка и сравнительная эффективность каждого варианта в зависимости от относительной стоимости на каждую единицу снижения риска;

классификация вариантов управления риском с точки зрения стоимостно-полезной перспективы для облегчения принятия рекомендаций на следующем этапе (например, отсеиванием малоэффективных либо невыполнимых рекомендаций).

**4.2.3** Стоимость должна охватывать весь жизненный цикл и может включать начальный цикл, эксплуатацию, тренировку, инспекцию, сертификацию и т.д. Выгоды могут включать снижение стоимостей, связанных с авариями, поражением людей, ущербом, загрязнением окружающей среды, компенсацией за ответственность перед третьими лицами, повышением средней продолжительности жизни сооружения.

Оценка стоимостей и выгод может производиться на базе использования различных методик и технологий. Такая оценка должна быть выполнена для общей ситуации для выявления основных влияний.

Стоимость определяется по отношению к личности, организации, компании, руководству прибрежной зоны и т.д., которые напрямую или косвенно пострадали от аварии. На этом этапе определяется эффективность новых предложений. На начальной стадии выполнения формализованной оценки безопасности (ФОБ) должна быть произведена группировка базовых направлений риска с целью применения методологии ФОБ и идентификации выданных рекомендаций.

В результате этого:

оценивается стоимость и выгода каждого из вариантов управления риском, определенных в [4.1](#);

оценивается стоимость и выгода для мероприятий, оказывающих наибольшее влияние на результат;

оценивается стоимостная эффективность в зависимости от чистой стоимости каждой единицы снижения риска.

**4.2.4** Стоимостную эффективность выбранного мероприятия рекомендуется определять, решая вероятностно-оптимизационную задачу либо на основе минимизации целевой функции  $P$  типа:

$$P = S + p\bar{u}, \quad (4.2.4-1)$$

либо на основе метода приращений:

$$I = S\Delta - \bar{u}\delta p, \quad (4.2.4-2)$$

где  $I$  – выгода мероприятия;  
 $S$  – начальная стоимость конструкции, оборудования, платформы;

- $\bar{u}$  – средний по вероятности убыток в случае отказа;  
 $p$  – вероятность отказа (величина риска), отнесенная ко всему сроку службы конструкции, оборудования, платформы.  
 $\Delta$  и  $\delta$  – соответствующие приращения.

**4.2.5** В качестве стоимостной оценки в отношении фатальных исходов рекомендуется использовать критерий:

$$S_F = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta R} \leq A_S, \quad (4.2.5)$$

- где
- $S_F$  – нетто-стоимость предотвращения фатального исхода;
  - $\Delta C$  – стоимость рекомендации на 1 платформу, вытекающей из 3-го шага формализованной оценки безопасности (управление рисками);
  - $\Delta R$  – уменьшение риска на 1 платформу в зависимости от числа предотвращенных фатальных исходов на базе контроля рисков;
  - $A_S$  – стоимостная мера контроля риска. В самом первом приближении, ориентируясь на зарубежные источники,  $A_S = 3$  млн долларов США.
  - $\Delta B$  – экономическая польза для 1 платформы от принятых рекомендаций.

## 5 КРИТЕРИИ ДОСТАТОЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАТФОРМ

### 5.1 РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА АВАРИИ

**5.1.1** Целью этого шага является определение рекомендаций по снижению риска аварий. Рекомендации должны базироваться на классификации рисков и на лежащих в их основании причинах, сравнении вариантов управления риском и выполняться в обеспечение снижения риска до наиболее разумного уровня.

В результате этого шага должно быть обеспечено объективное сравнение альтернативных вариантов, базирующихся на потенциальном снижении уровня риска и стоимостной эффективности вариантов управления рисками, в том числе и в областях, где нормы и правила должны быть пересмотрены или дополнены. Рекомендации должны коррелироваться в различных контекстах с рекомендациями ИМО и не противоречить подходам МАКО.

Во всей цепочке шагов ФОб этот шаг является наиболее ответственным и должен быть наиболее взвешенным.

**5.1.2** Все решения, принимаемые для снижения риска аварий, должны отвечать действующим правилам Регистра и эксплуатационным стандартам, отраженным в соответствующих инструкциях по эксплуатации, утвержденных Регистром, в целях обеспечения безопасности платформ.

Эксплуатационные стандарты повсеместно используются в течение всего срока службы платформы. Важно, чтобы они относились к системам и процессам, способствующим уменьшению суммарного риска, при этом количество эксплуатационных стандартов должно способствовать лучшей управляемости безопасностью.

Эксплуатационные стандарты относятся к конкретной платформе и их рекомендуется формировать на трех уровнях:

эксплуатационные стандарты, основанные на риске, которые определяют количественные параметры и должны выполняться (см. [5.3](#));

сценарные эксплуатационные стандарты, которые могут быть качественными или количественными с указанием конечной цели для управления при появлении конкретной опасности или группы опасностей;

системные эксплуатационные стандарты, уточняющие уровень поведения или правомочности, который необходим от системы, требуемой для управления при появлении опасности.

## 5.2 ПРИНЦИП РАЗУМНО ОСУЩЕСТВИМОГО УРОВНЯ

**5.2.1** Идентификация опасностей и анализ последствий их реализации позволяет уже на первом этапе установить некоторую, пусть предварительную, приоритетность опасностей. Для этого используется матрица риска, в соответствии с которой все опасности классифицируются по трем уровням: неприемлемый, разумно осуществимый и приемлемый.

Неприемлемыми опасностями считаются те, риск в отношении которых не может быть оправдан ни при каких, за исключением экстраординарных, обстоятельствах. К таким опасностям относятся такие, вероятность реализации которых имеет обычный, средний уровень, а последствия являются катастрофическими.

Приемлемыми считаются опасности, реализация которых маловероятна, а последствия незначительные. В отношении таких опасностей не требуется принятия каких-либо мер и они могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

В [5.3](#) дается регламентация приемлемых и неприемлемых значений рисков. Между «приемлемыми» и «неприемлемыми» уровнями лежит «разумно осуществимый уровень» (уровень ALARP – As Low As Reasonably Practicable).

Базовая матрица рисков изображена на [рис. 5.2.1](#). Реализация матрицы рисков осуществляется по идентификации конкретных потенциальных рисков. После определения задачи создается команда (группа) из экспертов, выполняющая экспертизу в рамках методологии ФОб. Работу рекомендуется выполнять в три стадии: подготовительная работа, работа по идентификации риска, фаза обработки и документирования.

ЧАСТОТА				
частая	ALARP уровень 4	ALARP уровень 3	уровень 2	недопустимые уровень 1
умеренно вероятная	ALARP уровень 5	ALARP уровень 4	ALARP уровень 3	уровень 2
маловероятная	уровень 6	ALARP уровень 5	ALARP уровень 4	ALARP уровень 3
крайне маловероятная	приемлемые уровень 7	уровень 6	ALARP уровень 5	ALARP уровень 4
	несущественные	малозначительные	значительные	катастрофические
				ПОСЛЕДСТВИЯ

Рис. 5.2.1  
Матрица рисков

ALARP – принцип разумно осуществимого уровня

При невозможности количественного определения риска допускается качественная квалификация аварийных обстоятельств с использованием следующих определений для категорий масштаба аварии и ее вероятности согласно [табл. 5.2.1-1 — 5.2.1-5](#). Качественная квалификация позволяет заполнить матрицу риска, в которой уровень 1 представляет самый высокий риск, а уровень 7 – самый низкий риск. Зона разумно осуществимого уровня соответствует трем – пяти уровням.

Таблица 5.2.1-1

**Масштаб аварии (последствия)**

Несущественные	Нет существенного вреда для людей, оборудования, окружающей среды
Малозначительные	Незначительное снижение качеств платформы, локальные повреждения
Значительные	Существенное снижение параметров платформы, сопровождаемое несчастными случаями
Катастрофические	Потеря платформы или экологическая катастрофа

Таблица 5.2.1-2

**Вероятность аварии**

Крайне маловероятная	Может произойти только при исключительных обстоятельствах
Маловероятная	Маловероятна, но возможна в течение срока эксплуатации платформы
Умеренно вероятная	Может произойти в течение срока эксплуатации платформы
Частая	Может происходить ежегодно или чаще

Таблица 5.2.1-3

**Матрица рисков при транспортировках крупногабаритных грузов на дальние расстояния**

ЧАСТОТА					
частая	M	M	H	H	H
умеренно-вероятная	L	M	M	H	H
вероятная	L	L	M	M	H
маловероятная	L	L	L	M	M
крайне маловероятная	L	L	L	L	M
	очень низкий	НИЗКИЙ	средний	значительный	катастрофический
	Масштаб последствий				

Примечание. L – низкий, H – высокий, M – зона ALARP – разумно осуществимый уровень.

Таблица 5.2.1-4

**Масштаб последствий**

Очень низкий	Происшествие, не приводящее к существенному вреду для людей, оборудования, окружающей среды
Низкий	Произошли разрушения конструкций минимально допустимого уровня, повреждения людей, сопровождаемые оказанием первой помощи
Средний	Произошли разрушения, соизмеримые с допустимым уровнем. Имеются ушибы, легкие ранения у людей
Значительный	Часть конструкций и креплений имеют заметные повреждения. Имеются повреждения людей, требующие весьма квалифицированной медицинской помощи
Катастрофический	Потеря платформы. Могут быть человеческие жертвы



Таблица 5.2.1-5

**Вероятность повреждений**

Частая	Вполне возможно много раз за длительную транспортировку
Умеренно вероятная	Вполне возможно несколько раз за длительную транспортировку
Вероятная	Возможно один раз за транспортировку.
Маловероятная	Возможно не более одного раза за 3 – 4 транспортировки
Крайне маловероятная	Может произойти только при исключительных обстоятельствах

### 5.3 ПРЕНЕБРЕЖИМЫЕ И НЕДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ РИСКА

**5.3.1** В качестве критериев безопасности следует принимать для годовых индивидуальных рисков:

недопустимый уровень риска  $-10^{-3}/\text{год}$ ,

пренебрежимый уровень риска  $-10^{-6}/\text{год}$ .

Диапазон между  $-10^{-3}/\text{год}$  и  $-10^{-6}/\text{год}$  является зоной разумно осуществимого уровня.

**ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ОПРОСНОГО ЛИСТА УСТРОЙСТВА ПОДЪЕМА И СПУСКА КОРПУСА  
СПБУ 6500/100 «МУРМАНСКАЯ»**

**I. КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОДЪЕМА И СПУСКА  
КОРПУСА СПБУ**

Самоподъемная плавучая буровая установка СПБУ имеет три трехгранные решетчатые опорные колонны и предназначена для разведочного бурения скважин глубиной до 6500 м при глубине воды на точке от 20 до 100 м при температуре воздуха от – 30 до +40 °С. Допустимый ветер при перегоне платформы – 6 баллов, волнение моря – до 5 баллов.

основные технические характеристики:

водоизмещение порожнем на плавучесть ~ 15000 т;

длина расчетная ~ 88,2 м;

ширина расчетная ~ 68,0 м;

высота борта ~9,7 м;

осадка порожнем ~ 5,3 м;

длина трехгранной решетчатой опорной колонны ~ 143 м.

На СПБУ использовано устройство подъема и спуска корпуса с реечно-шестеренчатым механизмом шагового действия, которое представляет собой три подъемника, смонтированные на портале у каждого угла опорной колонны, и подвижную траверсу, охватывающую опорную колонну, с шарнирно присоединенными к ней тремя зубчатыми рейками. В состав подъемника входят три спаренных редуктора с двумя зубчатыми выходными шестернями, электродвигателями и тормозами.

Устройство перехвата (перештыривания) в составе механизма подъема включает три захвата (по одному у каждого угла опорной колонны), расположенные на траверсе, и три захвата, расположенные аналогично в нижней части портала. Штыри захватов приводятся в действие (вдвигаются и выдвигаются в специальные отверстия узловых соединений вертикальных угловых стоек опорных колонн) пневмоприводами.

Цикл работы подъемника состоит из двух операций:

рабочий ход – подъем (спуск) корпуса (опорной колонны);

холостой ход – перестановка траверсы на один шаг вниз или вверх.

В конце рабочего хода срабатывают нижние захваты, которые соединяют корпус с опорной колонной. После полной передачи нагрузки на нижние захваты, верхние захваты освобождают траверсу для перестановки – перемещения траверсы с рейками на шаг до срабатывания верхних захватов. Нижние захваты освобождают опорную колонну, после чего следует очередной рабочий ход.

С целью снижения напряжений и деформаций вертикальной стойки предусмотрены технологические приливы в ее литых узловых соединениях, обеспечивающие передачу поперечных нагрузок только в узлах решетки опорной колонны. Подобные контактные упоры – «лыжи» установлены в корпусе СПБУ по 3 шт. у каждой вертикальной стойки. По ним скользят при перестановке траверсы и упираются при работе выступающие узлы вертикальных стоек.

## II. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СОСТАВЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОПРОСНОГО ЛИСТА АНАЛИЗА АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСТРОЙСТВУ ПОДЪЕМА И СПУСКА КОРПУСА СПБУ

### 1 Вводная часть

Опросный лист анализа аварийной ситуации на участках платформы со средним и высоким уровнем риска помогает определить ошибки в проекте и потенциальную угрозу безопасности, используя список вопросов, предназначенных для стимулирования мышления и процесса дискутирования.

Вопросы опросного листа обычно касаются тех участков, где имели место ошибки в проекте или при эксплуатации. Значительная часть вопросов является результатом рассмотрения проблем, определенных в предыдущих обзорах или в результате аварий. Опросный лист не касается, как правило, участков, где ошибки редко совершаются проектировщиками. Опросный лист должен использоваться лишь для тщательного и полного обзора проекта, а не в качестве метода проектирования установки или ее отдельных участков.

### 2 Необходимая информация

Порядок использования опросного листа требует знания базовых основ проекта, расположения оборудования, систем безопасности и защиты от пожара, техники эксплуатации и др. Необходимо, чтобы пакет рассматриваемых документов хранился весь срок эксплуатации установки в качестве основы будущих модификаций и анализа аварийных ситуаций.

### 3 Методика

Для проведения анализа аварийных ситуаций создается группа, которая должна состоять из представителей проектной организации, эксплуатационщиков и, по крайней мере, одного опытного специалиста, не вовлеченного напрямую в проектирование или эксплуатацию установки. Анализ может проводиться как одним специалистом, так и небольшими группами, каждая по своему профилю.

Опросный лист для облегчения обзора разбивается, как правило, на ряд частей, при этом применительно к устройству подъема и спуска корпуса СПБУ – на следующие части (см. графу 1 [таблицы](#)).

В опросном листе нет требований к тому, чтобы ответами на каждый вопрос были «да» или «нет». Эксперты должны использовать вопросы листа в качестве направлений мышления и определения потенциальных проблем.

Вопросы опросного листа не обязательно являются «требованиями безопасности проекта». Во многих случаях они оставляют право выбора у участников опроса. Можно ожидать, что обзор и анализ аварийных ситуаций по опросному листу на уже существующей платформе выльется в большее количество нежелательных ответов, чем обзор нового проекта, потому что дополнительный риск в плане безопасности связан с необходимостью проведения модернизации реально существующей установки.

### 4 Отчет

Анализ должен быть документирован таким образом, чтобы можно было установить, кто его проводил, когда он был проведен, какая информация была рассмотрена и последующие рекомендации. Выявленные опасности и рекомендации, полученные в результате ответов на вопросы, целесообразно представить в виде сводной таблицы, аналогично той, форма которой приведена в конце настоящего приложения. Каждый пункт должен иметь ссылки на соответствующий вопрос опросного листа, с помощью которого была определена проблема. Эти пункты базируются на оценках группы и дискуссиях с проектировщиками и эксплуатационщиками платформы. Такие пункты должны вводиться только для тех участков платформы, состояние которых вызвало опасения.

Таблица

Предмет анализа (обзора)	Содержание	Документация в помощь
1. Общее	А. Общие вопросы Б. Расположение В. Реакция на экстремальную ситуацию Г. Эвакуация и спасательные работы	Базовые основы проекта Чертежи общего расположения, расположения оборудования
2. Механическая часть	А. Конструкционные материалы Б. Устройство подъема и спуска опорных колонн В. Механизм подъема Г. Система задавливания опорных колонн в грунт и их выдергивания Д. Трубопроводы	Спецификации материалов, оборудования, устройств Чертежи Патенты Технологические схемы подъема и спуска задавливания опорных колонн в грунт и др.
3. Электрическая часть и система управления	А. Электрическая классификация зон Б. Схема прокладки электрических цепей	Спецификации электрооборудования и устройств, чертежи Спецификация труб и клапанов

### III. ПРИМЕР ОПРОСНОГО ЛИСТА УСТРОЙСТВА ПОДЪЕМА И СПУСКА КОРПУСА СПБУ<sup>1</sup>

#### 1 Общее

##### 1.A Общие вопросы.

**1.A.1** Правильно ли адресованы опасности? Продуман ли метод их устранения и контроля?

**1.A.2** Какие новые процессы и оборудование, системы и устройства имеются на установке, что может потребовать более тщательного анализа безопасности (например, HAZOP)?

**1.A.3** Была ли учтена в проекте работоспособность устройства подъема и спуска корпуса СПБУ? (Сложные системы будут эксплуатироваться, по всей вероятности, с нарушениями, а блокировки будут потом отключены.)

**1.A.4** Были ли определены требования к испытанию систем безопасности? Отвечает ли проект этим требованиям?

**1.A.5** Были ли рассмотрены и классифицированы все опасные материалы:

были ли рассмотрены сертификаты материалов;

были ли разработаны меры по защите персонала?

##### 1.B Расположение.

**1.B.1** Правильно ли расположены жилые помещения, рубка и посты управления, чтобы уменьшить контакт с оборудованием и устройствами повышенной опасности?

**1.B.2** Была ли предусмотрена установка дополнительного оборудования, которое может препятствовать безопасной работе?

**1.B.3** Было ли продумано размещение и разделение оборудования и устройств между порталом и траверсой?

##### 1.B Реакция на экстремальную ситуацию.

**1.B.1** Предусмотрено ли размещение персонала при возникновении экстремальной ситуации?

**1.B.2** Есть ли связь или средства связи с судами и берегом?

<sup>1</sup> Вопросы опросного листа разбиты на группы в соответствии с рекомендацией пт. II.3 настоящего приложения.

**1.Г** Эвакуация и спасательные работы.

**1.Г.1** Достаточно ли мест на спасательных средствах, спасательных лодках и плотках, чтобы вместить 100 % обслуживающего персонала, включая прикомандированных?

**1.Г.2** Оснащена ли платформа спасательными средствами для расширения маршрутов эвакуации?

**1.Г.3** Продумано ли использование спасательных тросов в качестве средств эвакуации, когда другие средства окажутся малоэффективными?

**2** **Механическая часть**

**2.А** Конструкционные материалы.

**2.А.1** Правильно ли произведен выбор конструкционных материалов, не используется ли необоснованно цветной металл вместо черного?

**2.А.2** Соответствует ли сочетание материалов требованиям безопасности, действующим на морском флоте?

**2.А.3** Продуманы ли зоны дренажа отработавшего материала и продуктов коррозии, нет ли препятствия для их естественной эвакуации?

**2.А.4** Отсутствуют ли дополнительные технологические усиления, включая материал сварных швов, препятствующие правильной эксплуатации?

**2.Б** Устройство подъема и спуска опорных колонн.

**2.Б.1** Позволяет ли устройство подъема и спуска опорных колонн работать при существенно различной просадке опорных колонн на слабых грунтах?

**2.Б.2** Предусмотрена ли в устройстве надежная блокировка при работе верхнего и нижнего уровней устройства перехвата?

**2.Б.3** Учитывает ли устройство подъема и спуска аварийный перехват опорной колонны?

**2.В** Механизм подъема.

**2.В.1** Предусмотрены ли в проекте расположения механизмов подъема площадки обслуживания, проходы и ограждения в соответствии с требованиями техники безопасности, действующими на морском флоте?

**2.В.2** Обеспечена ли на проектном уровне безопасная работа механизмов подъема и редукторов при попадании в них продуктов коррозии и жизнедеятельности моря?

**2.В.3** Может ли механизм подъема повредить (разрушить) переставную зубчатую рейку, выходящую шестерню редуктора и т.д. при работе механизма в условиях закрепления верхнего и нижнего пояса штырей на опорной колонне?

**2.В.4** Производилась ли оценка безопасной работы механизма с переставной рейкой на стадии проектирования?

**2.В.5** Предусмотрены ли стендовые испытания механизма подъема и оценка его надежности на предмет возможности аварийных ситуаций?

**2.В.6** Существуют ли ограничения по ветроволновым и другим условиям для устройства подъема и спуска корпуса в режиме перегона СПБУ?

**2.Г** Система задавливания опорных колонн в грунт и их выдергивания.

**2.Г.1** Достаточно ли ресурс устройства для выдергивания из грунта аварийной опорной колонны?

**2.Г.2** Продуман ли на проектном уровне план работы системы при перекосе колонны в портале в процессе ее выдергивания-задавливания?

**2.Г.3** Предусмотрен ли механизм компенсации избыточных перемещений при перекосе опорной колонны во время подъема и спуска?

**2.Г.4** Оснащена ли система эффективной подсистемой смыва и удаления грунта с колонн, обеспечивающей ее безопасную работу при выдергивании-задавливании?



**ПРИМЕРЫ ДЕРЕВЬЕВ СОБЫТИЙ**

Таблица 1

**Дерево событий при выдергивании опорных колонн СПБУ из грунта**

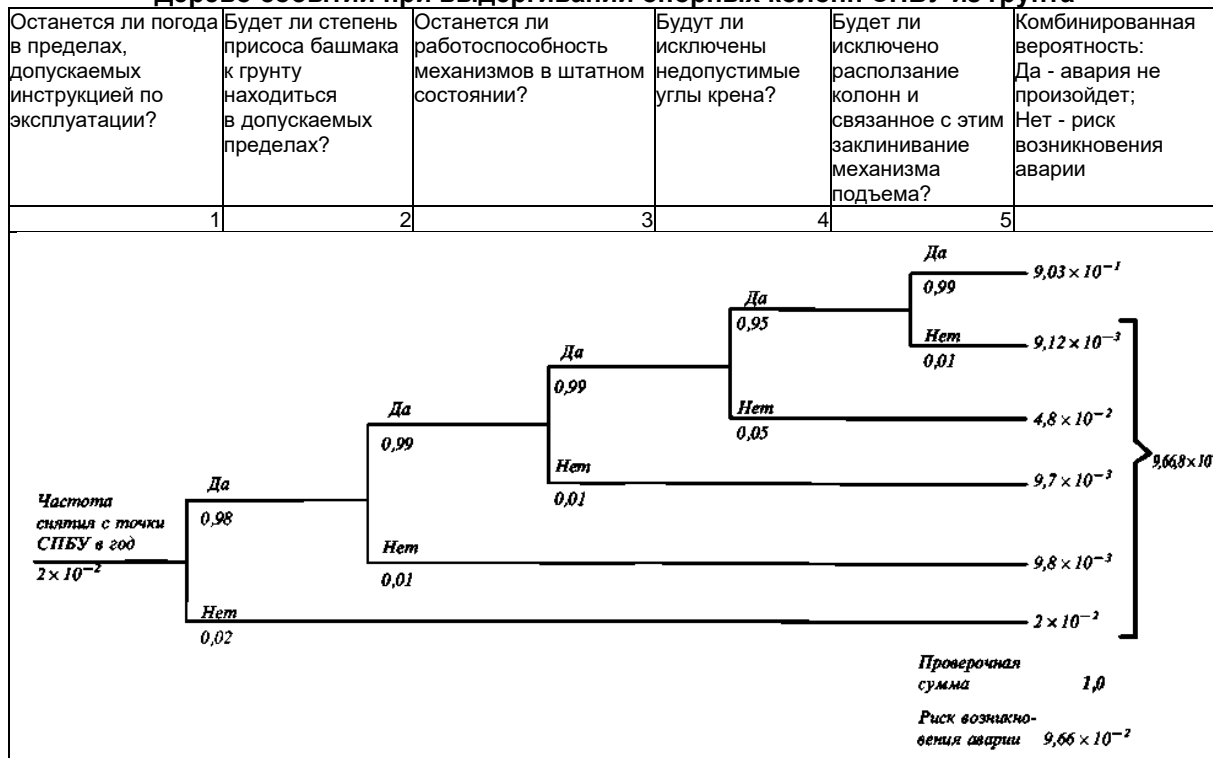




Таблица 2

**Дерево событий при транспортировках СПБУ и ППУ**

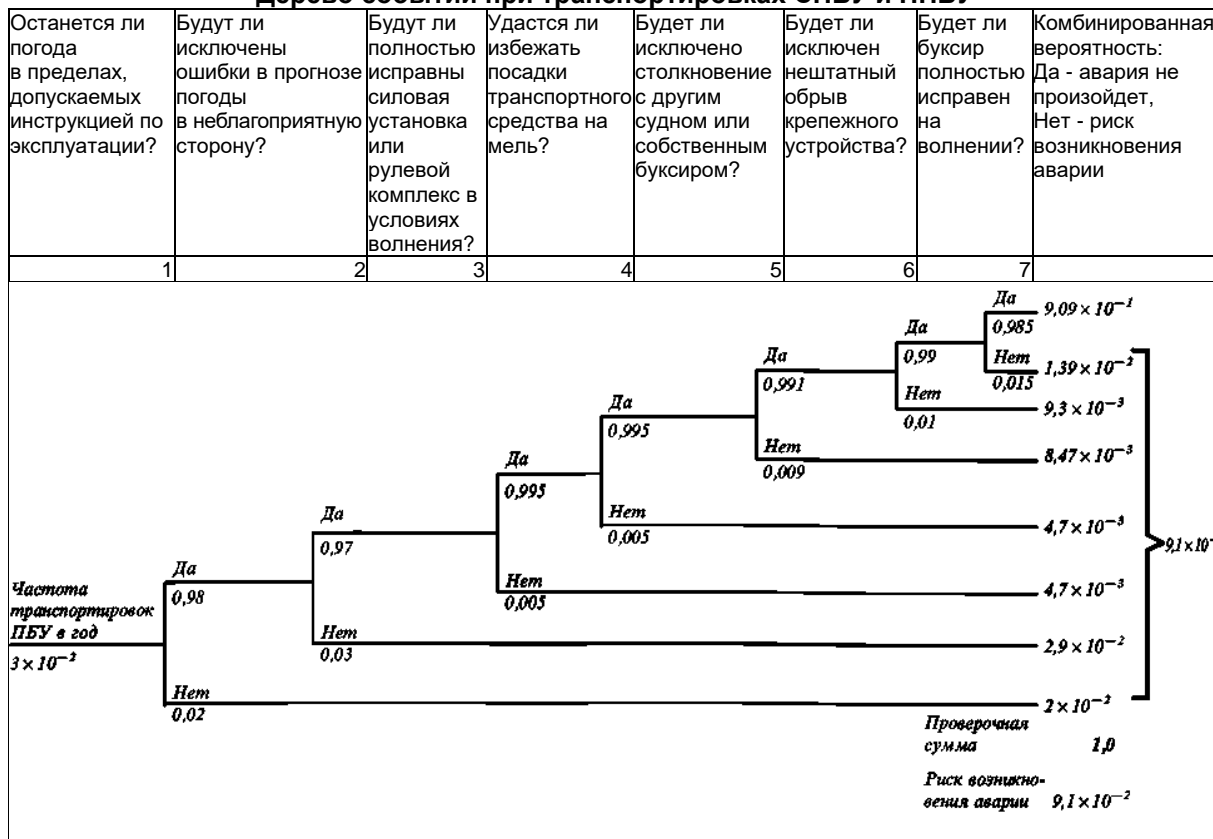


Таблица 3

**Дерево событий при навале на самоподъемную установку**

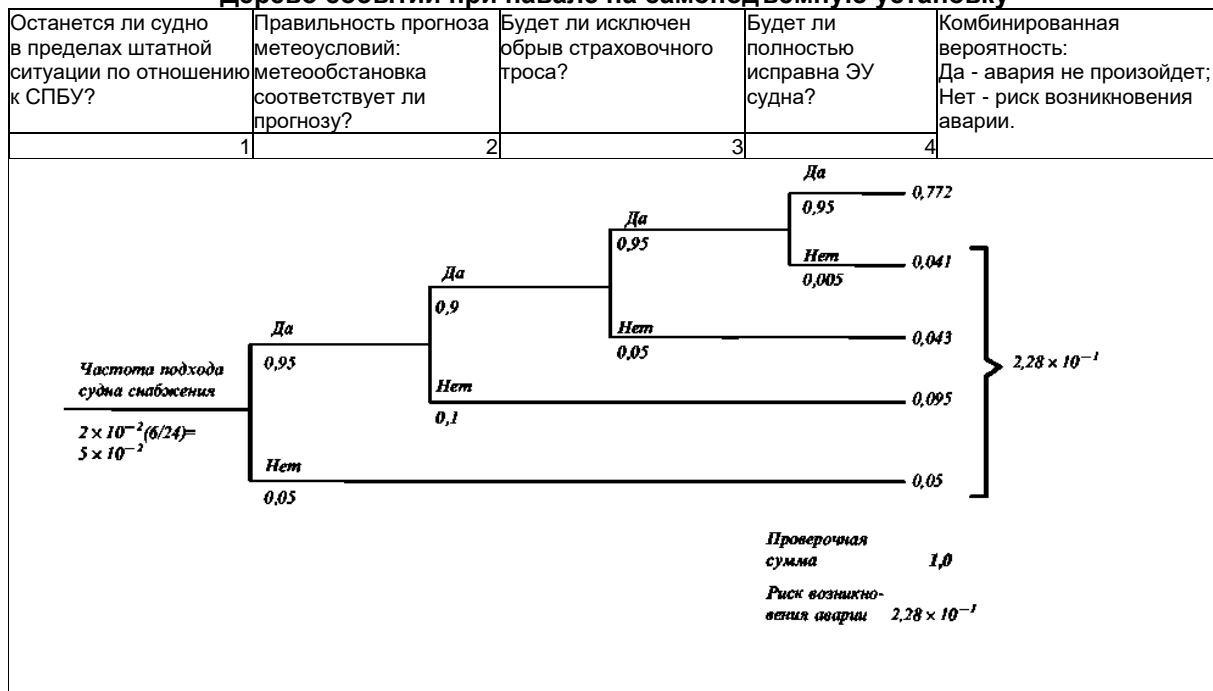


Таблица 4

**Дерево событий при столкновении танкера со стационарной платформой**

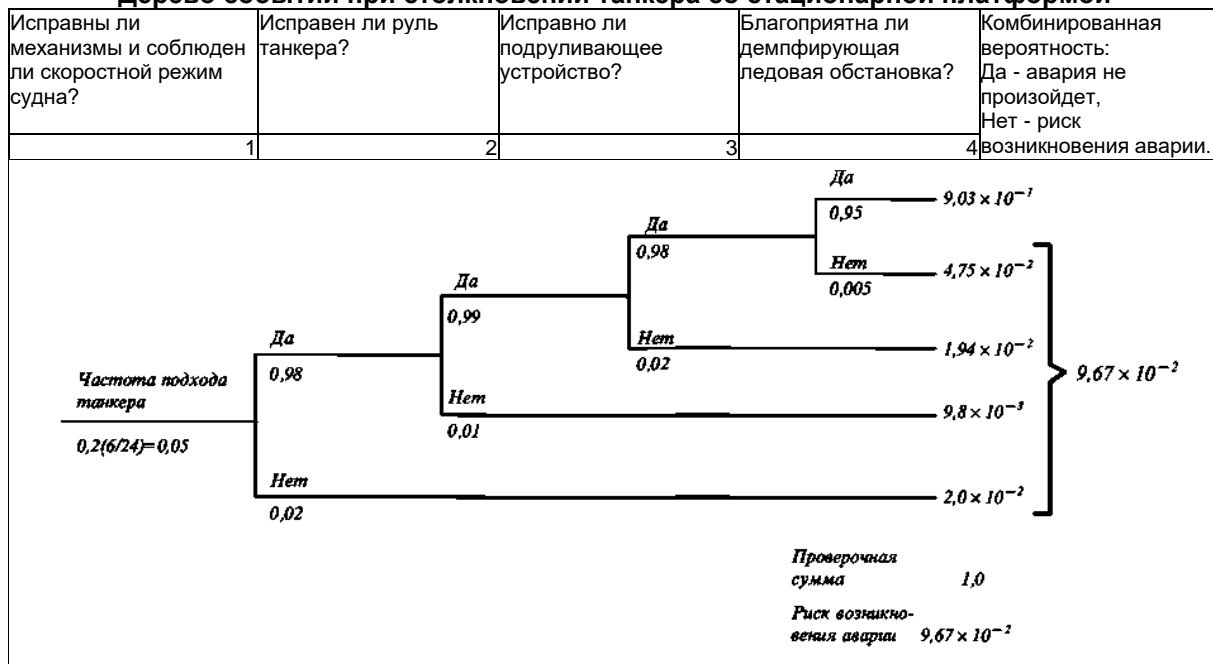


Таблица 5

**Дерево событий при пожаре во внутренних помещениях ПБУ**

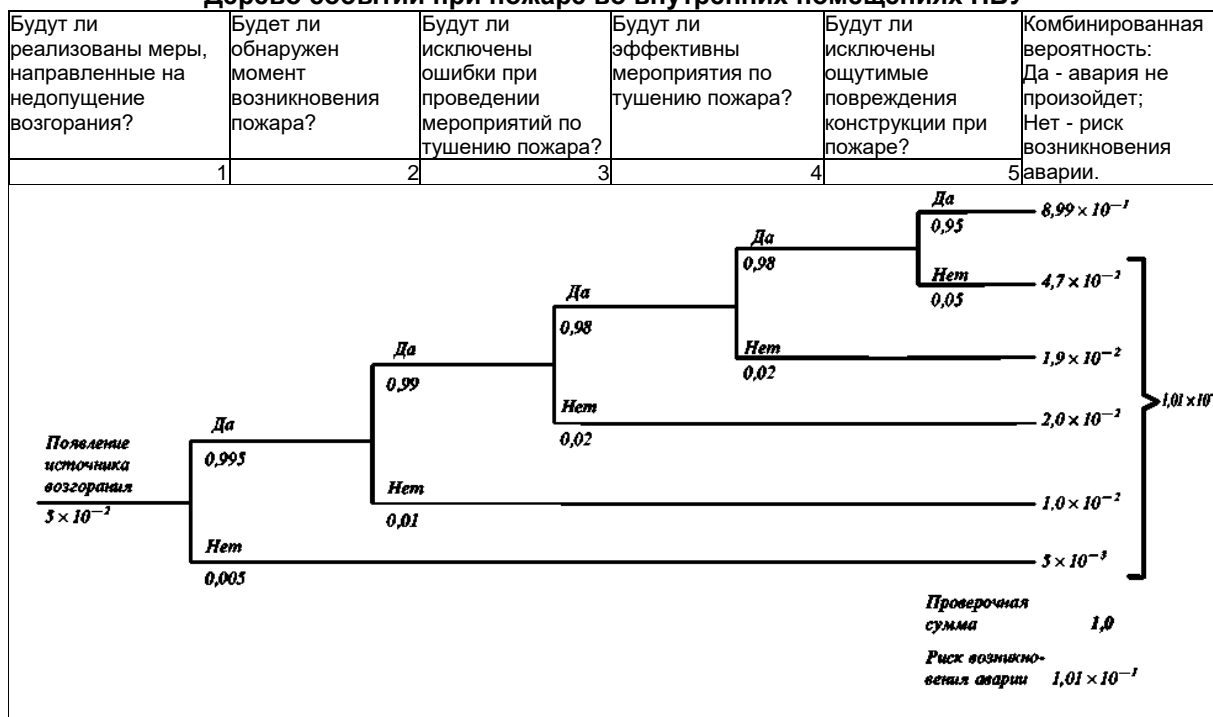


Таблица 6

**Дерево событий при пожаре фонтана на платформе**

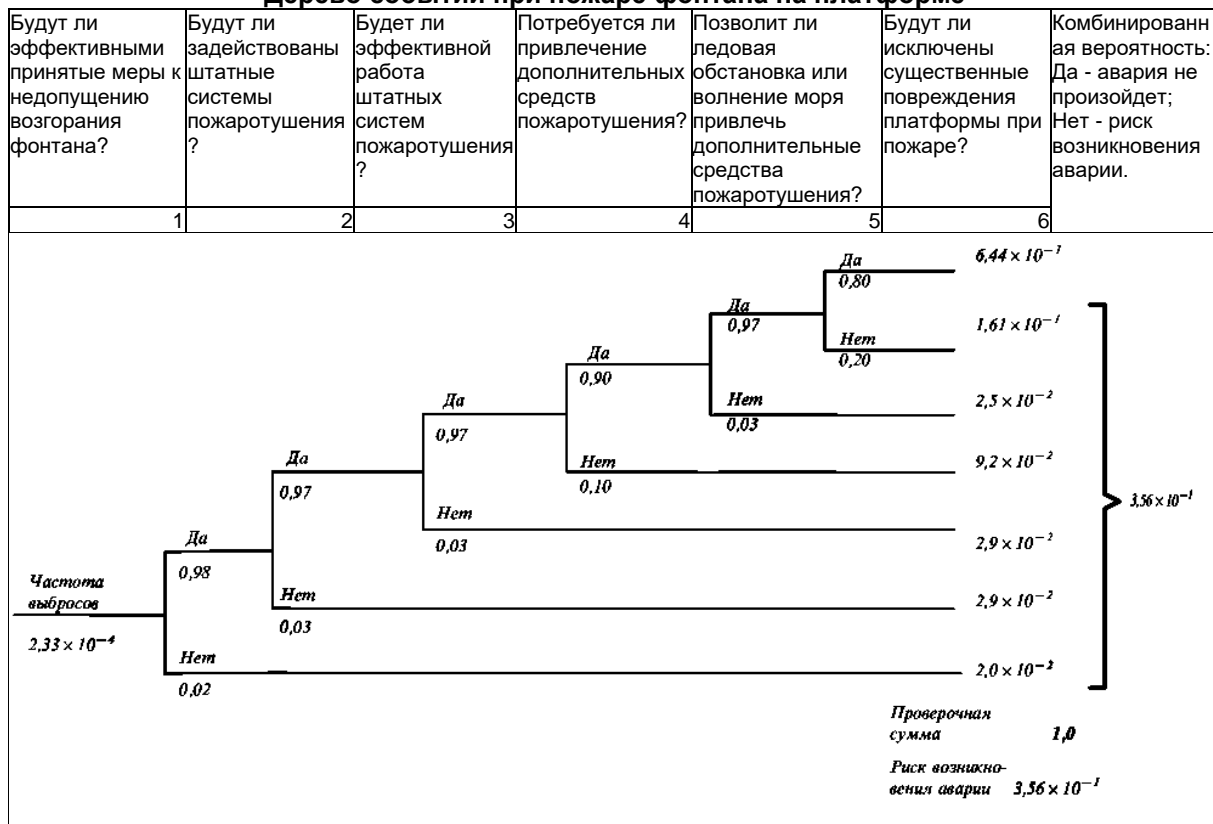


Таблица 7

**Дерево событий при сейсмическом воздействии на платформу**

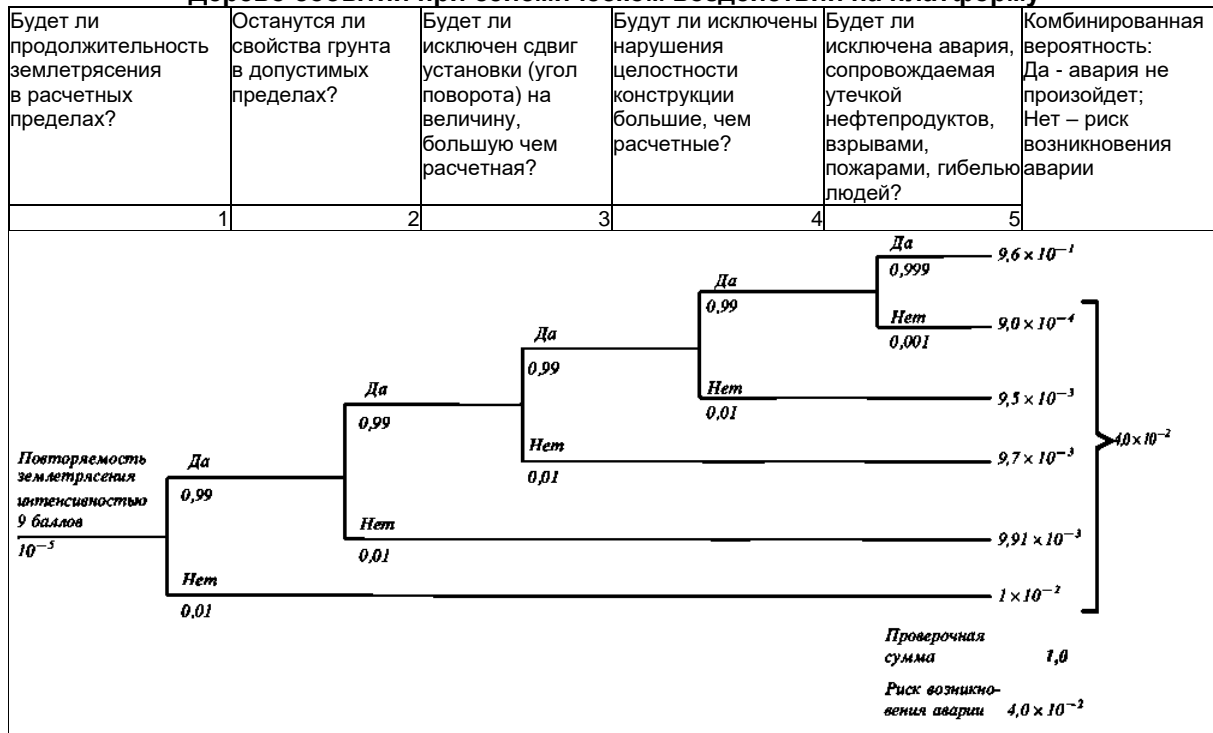
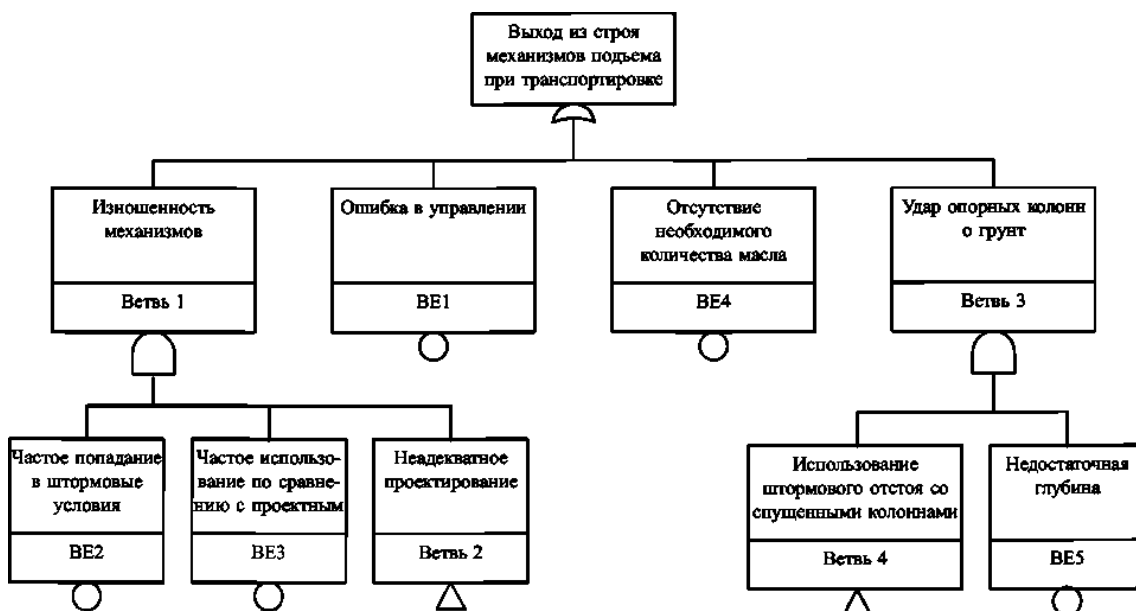


Таблица 8

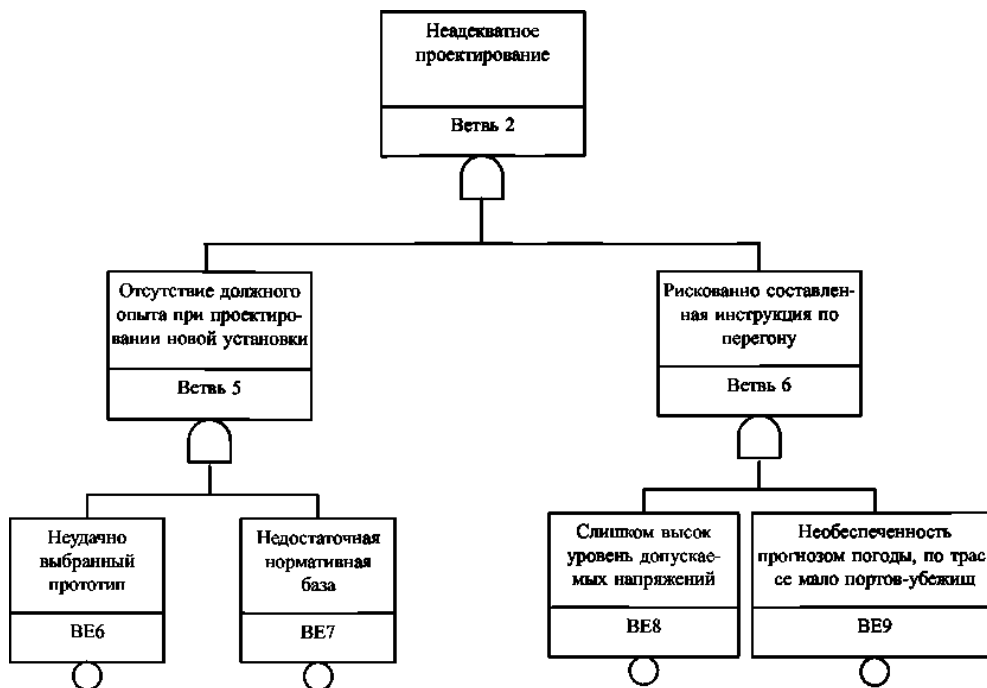
**Дерево событий при потере устойчивости на грунте ледостойкой платформой**

Правильно ли были определены условия работы платформы?	Исключена ли возможность того, что реальные параметры грунта окажутся критическими для восприятия расчетного сочетания внешних воздействий?	Будет ли исключен размыв грунта?	Останутся ли условия работы юбки прежними?	Будет ли исключено разжижение грунта?	Комбинированная вероятность. Да - авария не произойдет Нет - риск возникновения аварии.
<pre>                     graph LR                         A["Повторяемость экстремальных условий 10<sup>-5</sup>"] -- Да (0,999) --&gt; B["Да 0,99"]                         A -- Нет (0,001) --&gt; C["Нет 10<sup>-3</sup>"]                         B -- Да (0,99) --&gt; D["Да 0,97"]                         B -- Нет (0,01) --&gt; E["Нет 9,99 × 10<sup>-3</sup>"]                         D -- Да (0,97) --&gt; F["Да 0,9497"]                         D -- Нет (0,03) --&gt; G["Нет 2,937 × 10<sup>-2</sup>"]                     </pre>					
					$\Sigma = 1,0$

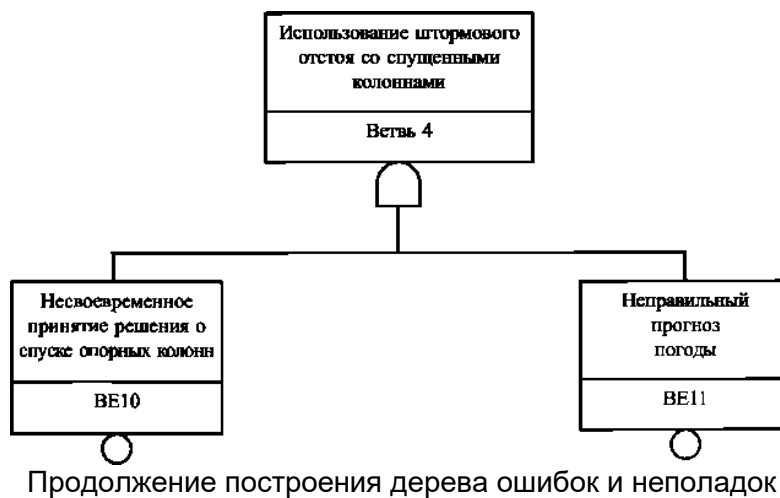
**ПРИМЕРЫ ДЕРЕВЬЕВ ОШИБОК И НЕПОЛАДОК**



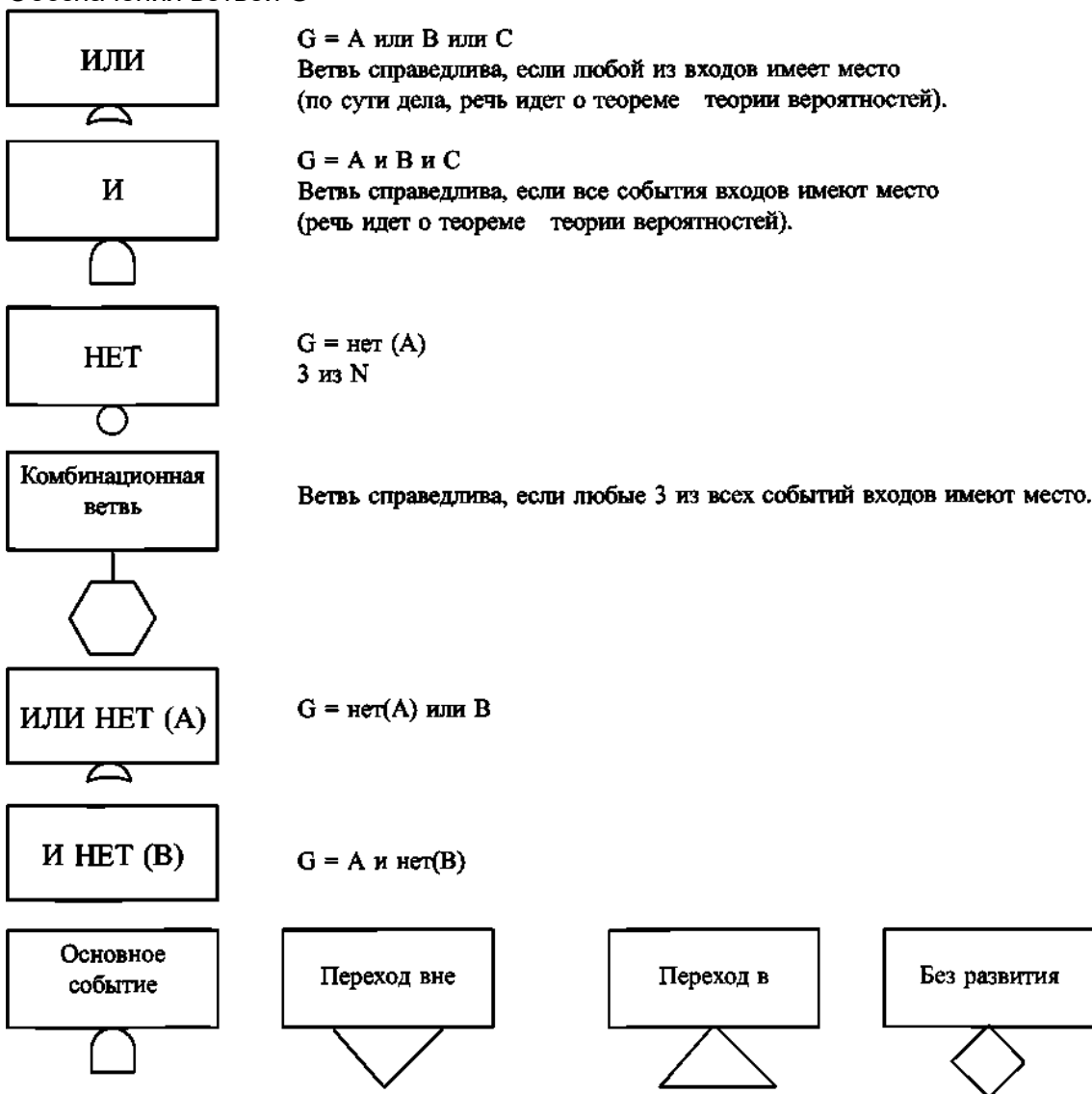
Начальное построение дерева ошибок и неполадок



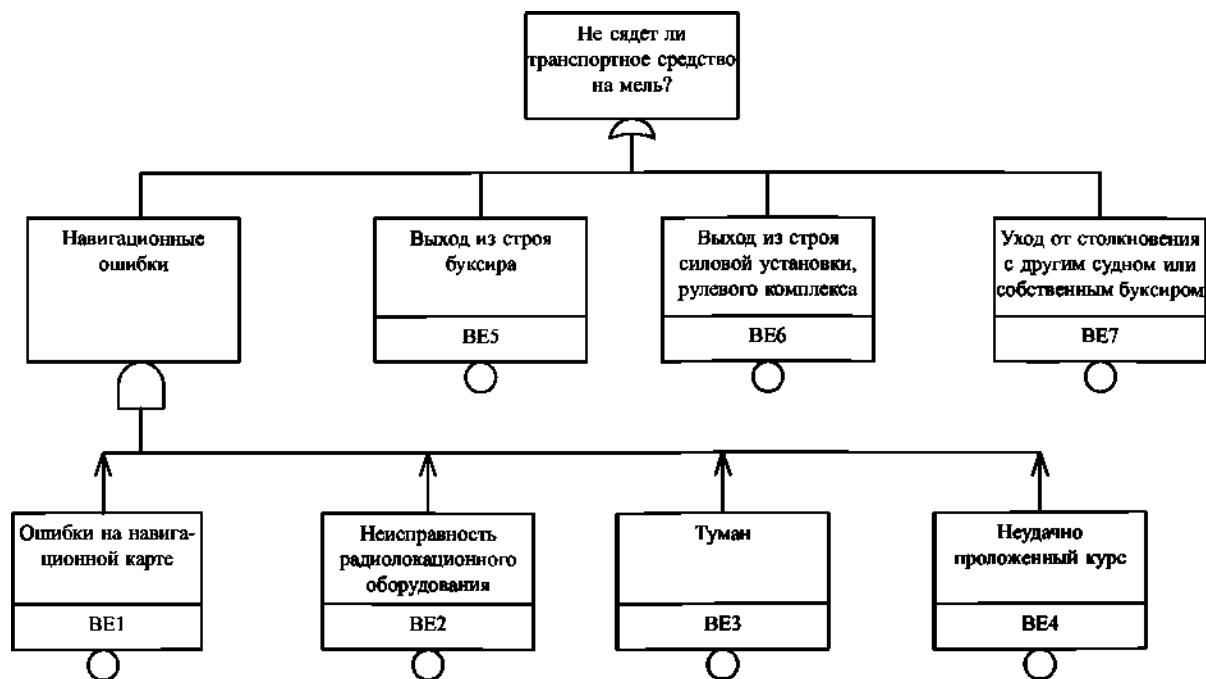
Продолжение построения дерева ошибок и неполадок



Обозначения ветвей G



ДЕРЕВО ОШИБОК И НЕПОЛАДОК (FAULT TREE)



## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПОСТРОЕНИЕ  $FN$  – КРИВЫХ

$FN$ -кривые относятся к социальному риску, а не к индивидуальному. Социальный риск свидетельствует о масштабе катастроф.

Пример. Допустим, речь идет о 10 смертельных случаях на 5 платформах одного типа. Эти 10 смертельных случаев могли случиться и на 5 платформах, на каждой из которых было по 2 жертвы, и на одной платформе, когда сразу бы погибло 10 человек. Для рассматриваемого гипотетического примера десяти смертельных случаев предположим следующее их распределение (см. [табл. 1](#)).

Таблица 1

Статистика смертельных случаев на платформах одного типа

Платформа	I	II	III	IV	V
Число погибших ( $N$ )	2	1	1	4	2

В [табл. 2](#) те же данные представлены в виде, удобном для дальнейшего анализа. Данные [табл. 2](#) позволяют построить график с горизонтальной осью  $N$  – «число смертельных случаев» и вертикальной осью  $F$  – «частота событий, в которых погибло не менее  $N$  человек» (см. рис).

Таблица 2

Частота смертельных случаев и их распределение

Число погибших $N$	Число событий, в которых погибло $N$ человек	Частота событий (число случаев на платформу), в которых погибло $N$ человек	Число событий, в которых погибло не менее $N$ человек	Частота событий (число случаев на платформу), в которых погибло не менее $N$ человек
1	2	$2/50 = 0,04$	5	$5/50 = 0,1$
2	2	$2/50 = 0,04$	3	$3/50 = 0,06$
3	0	$0/50 = 0$	1	$1/50 = 0,02$
4	1	$1,50 = 0,02$	1	$1/50 = 0,02$
5	0	$0,50 = 0$	0	$0/50 = 0$

Зависимости рассматриваемого типа называются  $FN$ -диаграммами. Социальный риск является интегральной характеристикой последствий реализаций опасностей определенного вида.



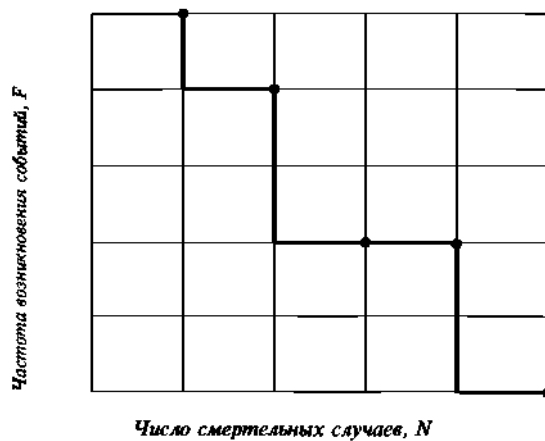


Рис.

Частота смертельных случаев на платформах, на которых погибло не менее  $N$  человек

**ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ  
КОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ ПЛАТФОРМ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ  
АВАРИИ, И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЕЕ ЗАПОЛНЕНИЮ**

**ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ КОНСТРУКЦИЙ  
МОРСКИХ ПЛАТФОРМ**

Раздел 1. Общий тип морской платформы	
Раздел 2. Номер проекта	
Раздел 3. Отличительные признаки конкретного сооружения	
3.1 Регистровый номер	
3.2 Название сооружения	
3.3 Дата постройки (модернизации)	
Раздел 4. Отличительные признаки организации, которая предоставила информацию	
4.1 Наименование организации (инспекции Регистра)	
4.2 Дата предоставления информации	
Раздел 5. Общие сведения об объекте (характеристика конструкции, материал, осадка, глубина моря на точке эксплуатации и т.п.)	
Раздел 6. Общая характеристика аварийного события и повреждений	
6.1 Общая схема конструкции	
6.2 Типы повреждений	
6.3 Дата, когда произошла авария и, как следствие, появились повреждения	
6.4 Режим эксплуатации, при котором произошли повреждения	
6.5 Характеристика условий среды (если есть сведения)	
6.6 Местоположение платформы во время возникновения повреждений	
6.7 Вероятные причины возникновения повреждений	
6.8 Указание поврежденных конструктивных элементов	
6.9 Общее состояние морской платформы после повреждения	
6.10 Загрязнение акватории	
6.11 Человеческие жертвы	
6.12 Другие сведения	
Раздел 7. Описание повреждений (приводится схема поврежденного конструктивного элемента, необходимые размеры связей, размеры повреждений, сопутствующая информация и т.п.), количество листов не регламентировано	

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАПОЛНЕНИЮ ФОРМЫ

**Раздел 1.** Общий тип морской платформы. Вводятся следующие обозначения.

ППБУ – полупогружная плавучая буровая установка,

СПБУ – самоподъемная плавучая буровая установка,

МСП – морская стационарная платформа.

**Раздел 2.** Номер проекта. Пояснения не требуются.

**Раздел 3.** Отличительные признаки конкретного сооружения. Пояснения не требуются.

**Раздел 4.** Отличительные признаки организации, которая предоставила информацию. Пояснения не требуются.

**Раздел 5.** Общие сведения об объекте.

Приводится характеристика конструкции:

перечисляются компоненты корпуса (корпусные конструкции);

указывается их наименование и исполнение, количество (например, опорные колонны СПБУ ферменного типа – 4 шт.);

указываются главные размерения корпуса в целом и характерные размеры корпусных конструкций;

для МСП конкретизируется архитектурно-конструктивный тип (например, платформа на колоннах, монопод и т.п.), способ удержания на грунте.

Указываются материалы, из которых в основном изготовлены конструкции платформы.

Для плавучих платформ указывается осадка для различных режимов эксплуатации, для МСП и СПБУ – глубина моря на точке эксплуатации.

Кроме того, могут быть приведены сведения о клиренсе, ледовом поясе и другие характерные особенности платформ.

**Раздел 6.** Общая характеристика аварийного события и повреждений.

**6.1** Общая схема конструкции.

Указывается – приведена в приложении к Форме, не приведена в приложении. Приводится, как правило, в случае, если объект новый, нетрадиционный или в иных случаях, когда по мнению организации, заполняющей форму, это необходимо. Схема может приводиться в виде пространственного эскиза, в различных проекциях, с указанием поврежденных элементов, зон, нумерацией конструктивных элементов и т.п. с целью наиболее полного описания конструкции и повреждений.

Если по мнению организации, заполняющей форму, нет надобности в такой схеме, то она может не приводиться.

**6.2** Типы повреждений.

Указываются следующие типы:

остаточные деформации;

нарушение целостности (трещины, разрывы, изломы);

другие типы, обусловленные особенностями конструкции платформы.

Должны быть перечислены все типы повреждений, соответствующие конкретному аварийному событию.

**6.3** Дата, когда произошла авария и, как следствие, появились повреждения.

Пояснения не требуются.

**6.4** Режим эксплуатации, при котором произошли повреждения.

Указывается один из следующих режимов:

транспортировка;

установка на точку;

рабочий;

выживания или экстремального нагружения;

снятия с точки;

любой другой расчетный режим, обусловленный спецификой сооружения.

**6.5** Характеристика условий среды (если есть сведения).

Приводятся данные о высоте волны, скорости ветра, по ледовым образованиям, сведения о сейсмической обстановке, температуре воздуха и т.п.

**6.6** Местоположение платформы во время возникновения повреждений.

По крайней мере, должен быть указан район эксплуатации, маршрут следования.

**6.7** Вероятные причины возникновения повреждений.

Могут быть приведены такие причины как:

экстремальные гидрометеороусловия;

землетрясения;

столкновения с судами, другими плавучими объектами;

падение предметов;

авария вертолета;

взрывы;

пожары;

выбросы;

разжижение грунта;

сдвиг или опрокидывание сооружения;

накопление усталостных повреждений;

ошибки при проектировании и изготовлении конструкции;

нарушение требований инструкции по эксплуатации, сочетание или последовательная цепь указанных событий, приводящая к повреждениям, другие причины, обусловленные спецификой сооружения.

**6.8** Указание поврежденных конструктивных элементов.

Должны быть перечислены все поврежденные конструктивные элементы без подробного описания поврежденных районов. Например, для СПБУ – элементы опорных колонн, соединения понтона с аутригером, элементы вертолетной площадки и т.п.; для ППБУ – опорные балки верхнего корпуса, горизонтальные раскосы, стабилизирующие колонны, понтоны в районе ширстречного пояса и т.п.

Указание должно быть достаточно общим, поскольку в [разд. 7](#) будет приведено подробное описание повреждений.

**6.9** Общее состояние морской платформы после повреждения.

Указывается следующее:

платформа осталась в эксплуатации без ремонта вплоть до плановых мероприятий;

ремонт произведен без вывода платформы из эксплуатации;

платформа выведена из эксплуатации с целью ремонта, утилизации и т.п.

Пункт может дополняться другими позициями.

**6.10** Загрязнение акватории. По крайней мере, следует указать: есть или нет.

**6.11** Человеческие жертвы. Пояснения не требуются.

**6.12** Другие сведения, которые по мнению инспекционных служб, владельца платформы, являются важными.

**Раздел 7.** Описание повреждений.

Описание должно быть кратким, четким и, по возможности, информативным.

В разделе следует конкретизировать поврежденные районы и типы повреждений, привести схемы поврежденных конструктивных элементов (при необходимости, в определенном порядке со ссылкой на [6.1](#)), размеры (параметры) повреждений, необходимые размеры конструктивных элементов, возможна конкретизация методов ремонта, другой необходимой информации.

Должна быть приведена вся та сопутствующая информация, которая по мнению организации, заполняющей форму, является важной.

В тексте целесообразно каким-либо образом выделить параметры повреждений.

Российский морской регистр судоходства

**Правила классификации и постройки плавучих буровых установок**

**Часть XV  
Оценка безопасности**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»  
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8  
[www.rs-class.org/ru/](http://www.rs-class.org/ru/)