

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП (окончательная редакция)

**ПРОМЫСЛОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ.
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА РИСКА**

(Окончательная редакция)

Москва

Предисловие

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ – ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от «___» _____ 201_ г. № _____ и введен в действие с «___» _____ 201_ г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН: Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет.

© Минстрой России, 2016

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России.

Содержание

- Введение
- 1 Область применения
- 2 Нормативные ссылки
- 3 Термины, определения и сокращения
- 4 Основные положения
- 5 Классификация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
 - 5.1 Основное риск-образующее событие, определение риска для промышленных трубопроводов
 - 5.2 Риск-факторы, основные негативные воздействия и угрозы для промышленных трубопроводов
 - 5.3 Классификация негативных последствий от риск-образующих событий
 - 5.4 Оценка эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
 - 5.5 Бальная оценка вероятности эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
 - 5.6 Бальная оценка последствий эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
 - 5.7 Классификация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
- 6 Правила управления эксплуатационными рисками промышленных трубопроводов
 - 6.1 Управление рисками на стадии разработки основных технических решений
 - 6.2 Управление рисками в процессе эксплуатации промышленных трубопроводов
- 7 Идентификация, оценка и приоритезация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов
 - 7.1 Идентификация
 - 7.2 Оценка и приоритезация
- 8 Правила риск-ориентированного проектирования промышленных трубопроводов
- 9 Процесс риск-ориентированного проектирования промышленных трубопроводов
- Библиография

Введение

Настоящий Свод правил разработан в соответствии с Планом разработки и утверждения Сводов правил и актуализации ранее утвержденных сводов правил, строительных норм и правил на 2015 г. и плановый период до 2017 г. Свод правил регламентирует применение риск-ориентированных подходов к проектированию промышленных трубопроводов на стадии выполнения основных технических решений, а также входит в комплект нормативных документов в соответствии с которыми должны проводиться HAZOP и/или HAZID проектируемых объектов, в состав которых входят промышленные трубопроводы.

Свод правил разработан в целях:

- защиты интересов государства в вопросах качества проектирования, строительства и эксплуатации промышленных трубопроводов на протяжении всего жизненного цикла, обеспечивающих безопасность для жизни, здоровья и имущества населения, охрану окружающей среды;
- соблюдения требований действующих технических регламентов и документов по стандартизации, включая федеральные законы [1], [2], [3];
- необходимости обеспечения эксплуатационной надёжности проектируемых промышленных трубопроводов на протяжении жизненного цикла от пуско-наладочных работ до демонтажа и утилизации;
- включения новых требований к идентификации, оценке и приоритезации эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов и принятию адекватных мер по управлению рисками;

Настоящий Свод правил разработан авторским коллективом: канд. хим. наук Вьюницкий И.В., канд. техн. наук Сивоконь И.С., Фомин А.В., Артемьева С.А., Стерелюхина Д.З. (ООО «Трансэнергострой»)

СВОД ПРАВИЛ
ПРОМЫСЛОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ.
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РИСКА

FIELD PIPELINES
TERMS OF DESIGN BASED ON THE RISK ANALYSIS

Дата введения 20__ - __ - __

1 Область применения

Настоящий Свод правил «Промысловые трубопроводы. Оценка технических решений на основе анализа риска»:

- распространяется на стальные промысловые трубопроводы по ГОСТ Р 55990-2014, расположенные на территории месторождений нефти и предназначенные для транспортировки продукции добывающих и нагнетательных скважин, участвующих в технологическом процессе добычи нефти и сопутствующего нефтяного газа;
- относится к предпроектной стадии выполнения ПИР при разработке основных технических решений;
- входит в комплект нормативных документов в соответствии с которыми должны проводиться HAZOP и/или HAZID проектируемых объектов, содержащих промысловые трубопроводы.

Свод правил не распространяется на проектирование:

- промысловых трубопроводов выполненных из неметаллических материалов, которые несут силовые нагрузки и обеспечивают герметичность трубопроводов;
- технологических трубопроводов, расположенных на территории месторождений нефти;

- трубопроводов систем промышленного и питьевого водоснабжения, канализации и утилизации промышленных отходов, расположенных на территории месторождений нефти;
- промысловых трубопроводов газовых и газоконденсатных месторождений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения (с Изменением N 1)

ГОСТ 21.001-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Общие положения

ГОСТ Р 51901.11-2005 Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство

ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования

ГОСТ Р ИСО 17776-2012 Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Способы и методы идентификации опасностей и оценки риска. Основные положения

СП 34-116-97 Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промысловых нефтегазопроводов

Примечание – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и сводов правил в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя, «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на

который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем Своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 надёжность: Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Примечание – Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств

[ГОСТ 27.002-89 пункт 1.1]

3.2 основные технические решения; ОТР: Документация, разрабатываемая для технологически сложных производственных объектов, содержащая основные схемы: технологическая, электроснабжения, автоматизации, и позволяющая определить основные параметры технологического и вспомогательного оборудования до начала процесса разработки проектной документации.

3.3 отказ: Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

[ГОСТ 27.002-89 пункт 3.3]

3.4 проектная документация; ПД: Совокупность текстовых и графических проектных документов, определяющих архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения, состав которых необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование, требованиям законодательства, нормативным правовым актам, документам в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для строительства.

[ГОСТ 21.001-2013 пункт 3.1.5]

3.5 проектно-изыскательские работы; ПИР: Проектно-изыскательские работы комплекс работ, проводимых с целью разработки документации для проведения строительства новых зданий и сооружений, и с целью реконструкции уже существующих объектов.

3.6 предельное состояние: Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

[ГОСТ 27.002-89 пункт 2.5]

3.7 промышленный трубопровод; ПТ: Трубопровод для транспортирования газообразных и жидких продуктов, прокладываемый между площадками отдельных промышленных сооружений (включая площадки, расположенные на разных промыслах), а также к объектам магистрального транспортирования нефти и газа.

Примечание – Границы промышленного трубопровода определяются составом проекта.

[ГОСТ Р 55990-2014 пункт 3.57]

3.8 ремонт и ТО по «техническому состоянию»: Ремонт и техническое обслуживание, при которых контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленными в нормативной документации, а объем и момент начала ремонта определяется техническим состоянием ПТ.

3.9 свищ: Дефект в стенке трубы, фасонных изделий или в корпусе запорно-регулирующей арматуры в виде сквозной дыры, скважины, которая приводит к нарушению герметичности и утечке.

3.10 срок службы: Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или её возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние

[ГОСТ 27.002-89 пункт 4.6]

3.11 трещина: «Трещина основного металла» - дефект в виде разрыва металла стенки трубы, все трещины любого характера и направлений в независимости от выявленных размеров классифицируются как недопустимые дефекты

3.12 техническое обслуживание, ТО: Комплекс операций по поддержанию работоспособности ПТ.

3.13 целостность: Внутреннее единство объекта, его относительная автономность, независимость от окружающей среды.

3.14 эксплуатация: Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество.

Примечание – Эксплуатация изделия включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт

[ГОСТ 25866-83 термин 1]

3.15 эксплуатация ПТ до «отказа»: Эксплуатация ПТ с «Низким» риском до выхода его из строя, при котором проводят замену отказавшего оборудования, восстановление герметичности, пропускной способности и иные мероприятия для восстановления работоспособности в пределах текущих производственных потребностей.

3.16 HAZID (Hazard Identification): Инструмент распознавать всех существенных опасностей, который используется на ранних стадиях проекта, с учетом всех возможных потенциальных источников внешнего воздействия на объект.

[ГОСТ Р ИСО 17776-2012]

3.17 HAZOP (Hazard and operability analysis): Процесс детализации и идентификации проблем опасности и работоспособности системы, предназначенный для идентификации потенциальных отклонений от целей проекта, экспертизы их возможных причин и оценки их последствий.

[ГОСТ Р 51901.11-2005]

4 Основные положения

Разработку проектной документации на промышленные трубопроводы необходимо осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55990 и СП 34-116-97. Данный свод правил рекомендуется к применению на этапе разработки основных технических решений при соответствующем

требовании заказчика проектной документации, с дальнейшим использованием полученных результатов при разработке ПД.

5 Классификация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов

5.1 Основное риск-образующее событие, определение риска для промышленных трубопроводов

5.1.1 Проблемы (негативные риск-образующие события), сопровождающие эксплуатацию ПТ в т.ч. отказ, полная или частичная потеря работоспособности могут происходить в процессе эксплуатации, и связаны с несколькими факторами:

- потеря проектных характеристик;
- неверно выбранное проектное решение;
- эксплуатация ПТ, не соответствующая проектным решениям;
- негативные воздействия третьих лиц или ошибки обслуживающего персонала;
- отказ систем, единиц оборудования, в т.ч. резервных из-за которых в будущем может произойти полная остановка ПТ;
- утечка, разгерметизация элементов ПТ;
- отказ вспомогательных систем, обеспечивающих обнаружение неисправностей, отказов и снижения последствий отказов, в т.ч. системы КИПиА, пожаротушения и сигнализации.
- брак при выполнении строительно-монтажных работ
- прочее.

5.1.2 На практике необходимо сокращать и вероятность возникновения таких проблем, и их последствия. Величина, сочетающая в себе вероятность негативного события и его последствия – риск. Величину риска можно вычислить по формуле:

$$R = P * L, \quad (1)$$

где R — риск;

P — вероятность риск-образующего события;

L — ущерб или убыток в связи с этим риск-образующим событием в стоимостном выражении.

В настоящем СП вероятность и последствия негативного события оцениваются не расчётным методом, а качественной (экспертной) оценкой в баллах. Поэтому далее в СП риск представляет из себя 2-х мерный вектор одна из координат которого представляет балльную оценку вероятности, а другая балльную оценку последствий негативного события.

5.1.3 В процессе ПИР проектная организация и заказчик ПД посредством применения различных проектных решений, контроля качества выполнения ПИР, проведения процедур HAZOP и/или HAZID могут снижать вероятность и тяжесть последствий возможных негативных событий при эксплуатации ПТ, связанных с неверно выбранным проектным решением и потерей ПТ проектных характеристик. Основным риск-образующим событием для ПТ на этапе проектирования следует считать вероятность нарушения целостности.

5.1.4 В данном случае, применительно к ПТ целостность следует понимать как его состояние, которое соответствует проектным характеристикам с допустимыми отклонениями. Всякая дезинтеграция ПТ или его части, появление в связи со старением, износом, негативным воздействием дефектов, т.е. недопустимых отклонений от заданных проектных показателей - является фактором, из-за которого может произойти отказ, полная или частичная потеря работоспособности.

5.1.5 Работа по управлению риском вероятности нарушения целостности на этапе проектирования состоит из оценки и анализа составляющих риска (вероятности и ущерба), разработке проектных решений, которые должны снизить риски до установленных заказчиком ПД

показателей эксплуатационной надёжности на протяжении всего жизненного цикла ПТ, включая будущий демонтаж и ликвидацию.

5.1.6 Настоящий Свод правил относится к предпроектной стадии выполнения ПИР по ПТ или применим в процессе HAZOP и/или HAZID. Исходные данные для расчёта математической вероятности и ущерба в стоимостном выражении в случае отказа ПТ могут быть получены только по результатам инженерных и экологических изысканий и разработанной на их основе и в соответствии с ОТР ПД. На этом основании оценка и приоритезация рисков в рамках настоящего Свода правил производится с применением балльной оценки по 25-ти балльной шкале. При этом, вероятность и последствия негативного события нарушения целостности могут получить оценку от 1 до 25-ти.

5.2 Риск-факторы, основные негативные воздействия и угрозы для промысловых трубопроводов

5.2.1 Все возможные опасности (угрозы), способные привести к отказу ПТ, можно классифицировать следующим образом:

- общие эксплуатационные опасности (угрозы) – условия работы, отказы технологического оборудования, ошибочные действия или бездействие персонала;
- опасности (угрозы), связанные с внешними воздействиями - опасности, связанные с деятельностью соседних производств или объектов (техногенные опасности), с движением транспорта, а также природные опасности, акты саботажа и диверсии.

5.2.2 В зависимости от объёма вытекающего продукта можно выделить несколько типов нарушений целостности (дефектов) трубопровода:

- из свищей (площадь дефектного отверстия - не более 10^{-4} м^2);
- трещин в трубопроводе длиной не более 30 % от условного диаметра трубопровода;

- через трещины в трубопроводе длиной не более 75 % от условного диаметра трубопровода;
- через трещины в трубопроводе длиной более 75 % от условного диаметра трубопровода.

5.2.3 Кроме того, нарушения целостности ПТ могут быть на запорной и регулирующей арматуре, системах КИПиА, инженерном обустройстве трасс и т.п. Описание наиболее распространённых и вероятных риск-факторов (угроз), потенциально способных привести к отказу ПТ приведены в таблице 1.

Под инженерным обустройством трасс понимается комплекс средств, обеспечивающих безопасную эксплуатацию промышленного трубопровода.

В таблице 1 приведен не полный перечень возможных риск-факторов (угроз) из-за которых может произойти отказ ПТ. Поэтому определение потенциальных риск-факторов (угроз) применительно к каждому проектируемому ПТ является необходимым этапом в процессе применения риск-ориентированных подходов к проектированию ПТ и определению требований к эксплуатации.

Таблица 1 - Наиболее распространённые и вероятные риск-факторы (угрозы), потенциально способные привести к отказу ПТ

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Внутренняя эрозия	Механический износ под воздействием взвешенных частиц в жидкости или газе, или высокоскоростного потока жидкости	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий в стенке трубопровода или его элементов	Свищ
Внутренняя общая коррозия	Растворение металла на участках большой площади под воздействием транспортируемых сред	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий или трещин в местах коррозионного утонения	Трещина 0,3 D
Внутренняя локальная коррозия различных видов	Растворение металла на участках малой площади под воздействием транспортируемых сред	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий в местах коррозионного утонения: язвенная, канавочная, ножевидная, под осадками, щелевая коррозия и д.р.	Свищ

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Наличие сероводорода, растрескивание, блистеринг	Развитие сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением или водородного растрескивания	Образование трещин коррозионного растрескивания. Образование расслоений и отдулин (блистеринг)	Трещина 0,3 D
Отсутствие/дефекты внешнего покрытия и/или отсутствие/неэффективная работа систем электрохимической защиты	Вероятность развития внешней коррозии под воздействием грунтовых сред	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий в местах коррозионного утонения	Свищ
Блуждающие токи	Электролитическое растворение металла трубопровода в местах выхода внешних электрических токов из трубопровода в грунт	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий	Свищ

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Наружная почвенная коррозия	Электрохимическое растворение металла трубопровода под воздействием грунтовых сред	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий или трещин в местах коррозионного утонения	Свищ
Внешняя коррозия в водной среде	Коррозия или эрозия металла трубопровода под воздействием сред поверхностных водоемов	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий или трещин в местах коррозионного утонения	Свищ
Наружное коррозионное растрескивание	Коррозионное растрескивание трубопровода под воздействием почв с опасностью стресс-коррозии	Образование трещин коррозионного растрескивания	Трещина 0,3 D
Атмосферная коррозия	Коррозия наземных участков трубопроводов под воздействием атмосферы	Разгерметизация в результате образования сквозных отверстий или трещин в местах коррозионного утонения	Свищ

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Строительный и металлургический брак	Наличие металлургических и монтажных дефектов в металле трубопровода и его элементах, а также в сварных и других соединениях	Зарождение и развитие трещин при эксплуатации на имеющихся дефектах Щелевая коррозия в дефектах	Трещина 0,3 D
Механические повреждения (риски, задиры, вмятины, гофры и т.п.) при строительстве или эксплуатации	Локальные нарушения формы и размеров трубопроводов и элементов трубопровода, вызывающие концентрацию напряжения или снижающие конструкционную прочность	Развитие трещин и/или локальной коррозии в местах концентрации напряжений	Трещина 0,75 D

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Внешнее воздействие третьих сил (уязвимые участки)	Повышение вероятности повреждений трубопроводов посторонними лицами из-за нарушения норм и правил при прокладке трубопровода или при осуществлении какой-либо деятельности в охранной зоне трубопровода	Механическое повреждение из-за нарушения глубины залегания трубопровода Обустройство несанкционированных переездов	Трещина 0,75 D
Знакопеременные механические нагрузки	Вероятность появления трещин малоцикловой усталости в местах возникновения продольных и поперечных колебаний	Образование трещин малоцикловой усталости в сварных соединениях и/или по телу трубы	Трещина 0,3 D
Естественные напряжения, движения грунта, паводок	Вероятность появления трещин и деформаций в подземных и подводных участках трубопровода в результате перемещения грунта или потока воды	Разрушение трубопровода в местах неконтролируемого смещения его оси	Трещина 0,3 D

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Пересечения водных преград	Вероятность образования и развития дефектов на ответственных участках с пониженной контролепригодностью	Аварии с загрязнением бассейнов рек и водоемов	Трещина 0,3 D
Потеря устойчивости (всплытие, выпучивание, просадка)	Отклонение оси трубопровода от заданного положения, установленного проектом, влекущее изменение напряженно-деформированного состояния и ускоренное разрушение	Разрушение трубопровода в местах неконтролируемого смещения его оси	Трещина 0,3 D
Пересечение с коммуникациями (ЛЭП, трубопроводы, а/д и т.п.)	Повышенная вероятность механических и коррозионных повреждений под воздействием близкорасположенных объектов или деятельности, с ними связанной	Коррозионные повреждения в результате взаимодействия с соседним (пересекаемым) объектом Механические повреждения трубопровода при производстве работ в совместной охранной зоне (пересечении зон)	Трещина 0,3 D

Продолжение таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Врезки, ремонт, ликвидация порывов	Увеличение вероятности возникновения дефектов в результате проведения ремонтных работ и работ по реконструкции	Образование сквозных коррозионных дефектов в местах ремонтной сварки	Трещина 0,3 D
Нарушение технологического режима работы трубопровода	Неоправданное повышение давления (гидроудар), изменение термобарических параметров эксплуатации	Разрыв трубопровода, прежде всего в местах пониженной прочности	Трещина более 0,75 D
Природные воздействия	Резкое повышение внешней механической нагрузки на трубопровод	Разрыв трубопровода, прежде всего в местах пониженной прочности	Трещина более 0,75 D
Аварийная ситуация на соседнем объекте	Взрывное и термическое воздействие на трубопровод на участках надземной прокладки и в местах недостаточного заглубления и недостаточных расстояний между трубопроводом и соседними объектами	Разрыв трубопровода, прежде всего в местах пониженной прочности	Трещина 0,75 D

СП
(Проект, окончательная редакция)

Окончание таблицы 1

Наименование риск-фактора	Описание	Пример отказа	Наиболее вероятный дефект
Предумышленные противоправные воздействия третьих лиц, в т.ч. диверсия, теракт	Взрывное, термическое и механическое воздействие на трубопровод	Разрыв трубопровода	Трещина более 0,75 D

5.3 Классификация негативных последствий от риск-образующих событий

5.3.1 Каждое нарушение целостности ПТ может происходить от одного и более риск-факторов. Из практики эксплуатации ПТ известно, что далеко не все нарушения целостности (дефекты) приводят к отказу. Эксплуатационные мероприятия такие как ТО, защита от коррозии и других осложнений, техническое диагностирование и ремонты позволяют частично или полностью предотвращать отказы ПТ. Из практики также известно, что сам по себе отказ ПТ может иметь различные негативные последствия. Тяжесть последствий будет снижаться в связи с наличием проектных решений и исполнения требований к эксплуатации ПТ по следующим видам мероприятий и защитных систем:

- обнаружение ПТ и контроль работоспособности ПТ;
- минимизация утечки транспортируемых сред, предотвращение распространения утечки, ликвидация возгорания и т.п.;
- ликвидация последствий – сбор разлившегося продукта, рекультивация, восстановление, устранение ущерба.

Возможные сценарии отказа на ПТ показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Возможные сценарии отказа на ПТ

№	Обозначение типового сценария	Схема развития сценария
С1	Выброс легковоспламеняющейся жидкости без возгорания	Разрушение трубопровода → выброс жидкой фазы и газа (при наличии) → растекание опасного вещества по территории и дегазация жидкой фазы (при наличии растворенного газа) с частичным испарением пролива → безопасное рассеивание газа и паров жидкой фазы → загрязнение окружающей среды

Продолжение таблицы 2

№	Обозначение типового сценария	Схема развития сценария
С2	Пожар пролива легковоспламеняющейся жидкости	Разрушение трубопровода → выброс в окружающую среду жидкой фазы и газа → растекание жидкой фазы → возможное частичное испарение горючей жидкости → воспламенение пролитой жидкой фазы при наличии источника зажигания → пожар пролива → попадание в зону возможных поражающих факторов людей и/или оборудования → последующее развитие аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества → загрязнение окружающей среды

Продолжение таблицы 2

№	Обозначение типового сценария	Схема развития сценария
С3	Сгорание топливно-воздушной смеси на открытом воздухе	А. Разгерметизация газопровода (трубопровода нефтяной эмульсии с высоким содержанием газа) → выброс газа в открытое пространство → образование взрывоопасной газовоздушной смеси → взрыв (дефлаграционное сгорание) при наличии источника инициирования → поражение оборудования и персонала ударной волной, термическое поражение
		Б. Полная или частичная разгерметизация трубопровода с нефтью (нефтяной эмульсией) → поступление в окружающую среду газа и паров в газообразном состоянии, разлив и дегазация нефтяной эмульсии → образование взрывоопасной топливно-воздушной смеси → возникновение источника зажигания → зажигание облака → взрыв топливно-воздушной смеси с образованием ударной воздушной волны → попадание в зону возможных поражающих факторов, людей и/или оборудования → возможная эскалация аварии → последующее развитие аварии по сценарию С1.
		В. Разрушение трубопровода с нефтью (нефтяной эмульсией) → выброс опасного вещества в окружающую среду → образование пролива нефти (нефтяной эмульсии), образование и распространение облака топливовоздушной смеси → возникновение в зоне облака топливовоздушной смеси источника зажигания → пожар-вспышка → воздействие поражающих факторов на людей, оборудование, окружающую среду → загрязнение окружающей среды

Окончание таблицы 2

№	Обозначение типового сценария	Схема развития сценария
С4	Выброс газа без возгорания	Разрушение газопровода → выброс газа → формирование и распространение взрывоопасного облака → безопасное рассеивание газа без возгорания → загрязнение окружающей среды → возможное последующее развитие аварии и сгорание газовой смеси в случае неблагоприятного развития аварийной ситуации и скопления газовой смеси в помещениях и т.п.
С5	Факельное горение газа	Разрушение газопровода → истечение газа под давлением с мгновенным воспламенением → факельное горение истекающей струи → воздействие пламени на оборудование, поражение людей → последующее развитие аварии в случае, если затронутое оборудование содержит опасные вещества

5.3.2 Основными последствиями аварии на промышленных трубопроводах являются:

- загрязнение окружающей среды (экологический ущерб);
- гибель (травмирование) людей (социальный ущерб);
- повреждение имущества (материальный ущерб);

5.4 Оценка эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов

5.4.1 В настоящем Своде правил методика идентификации, оценки и приоритизации рисков распределяет эксплуатационные риски ПТ, связанные с факторами, согласно 5.2 на 5 категорий: от 1-й - низкой, до 5-й – очень высокий риск.

Оценка эксплуатационных рисков ПТ определяет требования:

- к проектным решениям по обеспечению безотказной работы ПТ в рамках процесса проектирования и процедур HAZOP/HAZID;
- к перечню и содержанию методов и мероприятий по техническому диагностированию, контрольным мероприятиям, мероприятиям по защите от коррозии и обеспечению пропускной способности ПТ, различным видам ремонта и капитального ремонта, которые должны быть предусмотрены в проектных решениях на ПТ.

5.4.2 Негативные последствия отказа, полной или частичной потери работоспособности ПТ оцениваются для областей, согласно 5.3.2.

5.4.3 До проведения оценки вероятности и последствий риск-образующих событий – для ПТ должны быть сформулированы предварительные ОТР по прокладке, выбору материалов, системе КИПиА, защитным системам, методам по борьбе с коррозией и обеспечению пропускной способности и т.п.

Предварительные проектные решения идентичны типовым, наиболее распространённым, проверенным на практике с обширным опытом эксплуатации ПТ аналогов.

5.4.4 Цель процедуры идентификации, оценки и приоритезации рисков – дополнить, внести корректировки, пересмотреть предварительные ОТР по ПТ для обеспечения в будущем его эксплуатационной надёжности и срока службы в соответствии с заданием заказчика ПД.

5.5 Балльная оценка вероятности эксплуатационных рисков промысловых трубопроводов

5.5.1 Шкала оценки вероятности отказа ПТ и описание с точки зрения частоты отказа и балльной оценки представлены в таблице 3. При оценке вероятности отказа ПТ даётся балльная оценка от 1 до 25 для каждого из риск-образующих событий, перечисленных в п.5.2.

5.5.2 Оценка вероятности производится экспертно путём соотнесения изложенных в таблице 3 формулировок по частоте отказов с консолидированной оценкой специалистов, принимающих участие в работе по оценке рисков. При проведении оценки рисков в HAZOP/HAZID оценку выполняет команда во главе с председателем/руководителем.

5.5.3 При отнесении вероятности к одной из категорий («Низкая» - ... «Очень высокая») – выставляются баллы в рамках заданного в таблице 3 для каждой категории вероятности интервала.

5.5.4 Оценка вероятности проводится в 2 этапа:

- 1-й этап – отнести вероятность наступления риск-образующего события к одной из 5-ти категорий по 1-му столбцу таблицы 3 на основании описания в столбце 2.

- 2-й этап – экспертно оценить вероятность по 5-ти балльной шкале где именно находится оценка – ближе к нижней границе, к верхней или в середине и поставить соответствующее количество баллов в заданном интервале, указанном в столбце 3.

При оценке вероятности необходимо учитывать опыт эксплуатации объектов аналогов, результаты доступных научных исследований и расчётов.

Рекомендуется в случае отсутствия достаточной информации для оценки вероятности наступления риск-образующего события согласно 5.2 принимается среднее значение – 13 баллов.

Таблица 3 - Описание шкалы для оценки вероятности отказа ПТ

Оценка Вероятности	Частота риск-образующего события *	Оценка, баллы
Низкая	Для данного типа ПТ с применением предварительных проектных решений отказ невозможен или возможен не чаще чем 1 раз в 10 лет	1 – 5
Вероятно	Для данного типа ПТ с применением предварительных проектных решений вероятны от 2 до 3 отказов на протяжении 10 лет эксплуатации	6 - 10
Средняя	Для данного типа ПТ с применением предварительных проектных решений может произойти до 2-х отказов на протяжении 3-х лет эксплуатации	11 - 15
Высокая	Для данного типа ПТ с применением предварительных проектных решений возможно более 2-х отказов на протяжении 3-х лет эксплуатации	16 - 20
Очень высокая	Для данного типа ПТ с применением предварительных проектных решений возможен отказ уже в течение 1-го года эксплуатации	21 - 25

*-Описание частоты риск-образующего события может быть изменено главным инженером проекта и согласовано с заказчиком ПД на ПТ. Изменение должно учитывать особенности проектируемого ПТ

5.6 Бальная оценка последствий эксплуатационных рисков промысловых трубопроводов

5.6.1 Критерии оценки последствий отказа ПТ приведены в таблице 4. Результат оценки последствий отказов ПТ принимается по максимуму из 3-х оцениваемых областей. Оценка последствий отказа для каждой из оцениваемых областей проводится в два этапа:

- 1-ый этап – отнести последствия наступления риск-образующего события к одной из пяти категорий по 1-му столбцу таблицы 4 на основании описания в столбце 2 (социальный ущерб), столбца 3 (материальный ущерб) и столбца 4 (экологический ущерб);

- 2-ой этап – экспертно оценить последствия по 5-ти балльной шкале где именно находится оценка – ближе к нижней границе, к верхней или в середине и поставить соответствующее количество баллов в заданном интервале, указанном в столбце 5 таблицы 4.

При оценке последствий учитывать опыт эксплуатации объектов аналогов, результаты доступных научных исследований и расчётов.

5.6.2 Оценка последствия реализации риск-образующего события и, как следствие, нарушения целостности ПТ зависит от выбранного сценария развития отказа (см. таблицу 2). Как правило, реализация сценариев с более тяжёлыми последствиями имеет значительно более низкую вероятность, чем реализация сценариев с минимальными последствиями.

Например, свищ по причине внутренней коррозии ПТ наиболее часто приводит к незначительному разливу нефти, подтоварной воды или утечке газа, а случаи возгорания, взрыва, крупных разливов нефти, воды и утечек газа крайне редкие.

5.6.3 Рекомендуются при оценке последствий, учитывать как минимум два сценария:

- 1-й. Наиболее распространённый на практике и на аналогичных объектах сценарий развития отказа. Для данного сценария необходимо оценить и соответствующую ему вероятность согласно 5.5.

- 2-й. Наиболее тяжёлый/катастрофический сценарий, который может произойти на проектируемом ПТ. При этом необходимо оценивать проектируемый ПТ, а не опыт эксплуатации объектов аналогов или другие случаи из практики. Вариант ответа при оценки последствий – «Такой сценарий не может быть реализован потому что раньше этого никогда не

было или нам неизвестны подобные случаи» - не применим. Для таких сценариев необходимо оценить и соответствующую ему вероятность согласно 5.4.1.

5.6.4 В результате, по части риск-образующих событий, должно быть оценено два риска, которые будут иметь различные баллы по вероятности и последствиям. Такие риски (R) должны соответствовать наиболее вероятному (R1) и наиболее тяжёлому/катастрофическому (R2) по последствиям сценариям.

В случае отсутствия достаточной информации для оценки последствий риск-образующего события согласно 5.3 принимается нижняя граница в категории «высокие» – 16 баллов.

Таблица 4

Шкала последствий	Социальный ущерб	Материальный ущерб*	Экологический ущерб**	Оценка, в баллах
Очень высокие	Вред здоровью, повлекший постоянную потерю трудоспособности или гибель более 2-х лиц	Остановка эксплуатации не менее чем 1/3 добывающих скважин актива (месторождения нефти и газа) более чем на 24 часа	1. Ущерб для окружающей среды с многолетними последствиями регионального масштаба. 2. Выброс загрязняющих веществ на особо охраняемых территориях и в пределах населённых пунктов.	21 - 25
Высокие	Возможен смертельный случай и негативное воздействие на персонал и третьих лиц в т.ч. с постоянной потерей трудоспособности	Остановка эксплуатации не менее чем 1/3 добывающих скважин актива (месторождения нефти и газа) до 24-х часов	1. Ущерб для окружающей среды регионального масштаба с возможностью устранения последствий в течение не более чем 1-го года. 2. Локальный выброс загрязняющих веществ на особо охраняемых территориях и в пределах населённых пунктов с возможностью устранения последствий за период нескольких дней или недель.	16 - 20

Продолжение таблицы 4

Шкала последствий	Социальный ущерб	Материальный ущерб*	Экологический ущерб**	Оценка, в баллах
Средние	Вероятны травмы и негативное воздействие на персонал и третьих лиц в т.ч. с временной потерей трудоспособности	Остановка эксплуатации до 1/3 добывающих скважин актива (месторождения нефти и газа) более чем на 24 часа	1. Воздействие со значительным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния от 1 до 5-ти лет. 2. Воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния от 1 до 5-ти лет.	11 - 15
Ниже среднего	Вероятны травмы и негативное воздействие на персонал и третьих лиц в т.ч. с необходимостью амбулаторного лечения и профилактики	Остановка эксплуатации до 1/3 добывающих скважин актива (месторождения нефти и газа) до 24-х часов	1. Воздействие со значительным ущербом для нечувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния не более чем за 1 год. 2. Воздействие с локальным ущербом для чувствительной окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния не более чем за 1 год.	6 - 10

Окончание таблицы 4

Шкала последствий	Социальный ущерб	Материальный ущерб*	Экологический ущерб**	Оценка, в баллах
Низкие	Отсутствует негативное воздействие на жизнь и здоровье персонала и третьих лиц	Производственные потери незначительные и не отражаются на выполнении плановых ежемесячных производственных показателей	Воздействие с локальным ущербом для окружающей среды, которая может быть восстановлена до эквивалентного состояния за период нескольких дней или недель.	0 - 5
<p>* - Описание материального ущерба для хозяйственной деятельности необходимо согласовать с заказчиком ПД. Описание ущерба и отнесение его по категориям в столбце 1 могут быть связаны с потерями в добыче нефти и газа, экономическим ущербом и другими актуальными для заказчика ПД показателями.</p> <p>** - Описание экологического ущерба необходимо согласовать с заказчиком ПД. Описание ущерба и отнесение его по категориям в столбце 1 должны быть адаптированы по особенностям района расположения трассы проектируемого ПТ.</p>				

5.7 Классификация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов

5.7.1 Риски, связанные с эксплуатацией ПТ классифицируются в соответствии с категориями в соответствии с таблицей 5. Категория ПТ для целей применения риск-ориентированных подходов к проектированию, изложенными в настоящем Своде правил присваивается по результатам оценки рисков, связанных с наступлением риск-образующих событий согласно 5.2 и их последствий согласно 5.3.

Таблица 5

Категория ПТ	Категория риска	Величина риска (в результате балльной оценки*)
Самый ответственный	1 - Очень высокий	От 25 и более**
Ответственный	2- Высокий	От 20 до 25**
Опасный	3- Средний	От 15 до 20**
Не опасный	4- Ниже среднего	От 10 до 15**
Не ответственный	5 - Низкий	От 1 до 10**

* - величина риска рассчитывается на основании балльной оценки вероятности и последствий отказа ПТ по причине наступления риск-образующего события.
** - деление рисков по категориям в зависимости от величины риска может быть уточнено главным инженером проекта по согласованию с заказчиком ПД.

5.7.2 Риск по определению содержит в себе 2 координаты – вероятность и последствия, то наиболее удобным его математическим аналогом является «вектор». Поэтому величина риска есть длина 2-х мерного вектора у которого координата П – баллы за последствия отказа, а координата В – баллы за вероятность отказа.

Величина риска рассчитывается по формуле:

$$R = \sqrt{B^2 + П^2}, \quad (2)$$

где R_6 – риск по балльной экспертной оценке,

В – вероятность, оценённая в баллах от 0 до 25,

П – последствия, оценённые в баллах от 0 до 25.

Риски для ПТ могут быть размещены на матрице рисков размерностью 25X25 ячеек. По шкале «Х» - вероятность, по шкале «У» последствия. Отнесение ПТ к категории на матрице рисков, (см. рисунок 1) можно производить в соответствии с окраской. На матрице рисков (см. рисунок 1) раскраска соответствует распределению по величине риска, в соответствии с таблицей 5.

Рекомендуется для уточнения распределения ПТ по категориям риска оценить риски для нескольких существующих активов заказчика ПТ и по результатам внести корректировки в интервалы величины риска в таблице 5 (столбец 4) на основании сравнения с принятой у заказчика ПД классификации.

При наличии у заказчика ПД на ПТ внутренних локальных нормативных документов, предусматривающую иную балльную систему оценки рисков – она может применяться и при реализации требований настоящего СП. При этом важно обеспечить переход от внутренней системы оценки рисков к распределению ПТ на категории в соответствии с таблицей 5.

5.7.3 Категория ПТ присваивается по максимальному риску, связанному с одним из риск-образующих событий, которые могут произойти в процессе его эксплуатации.

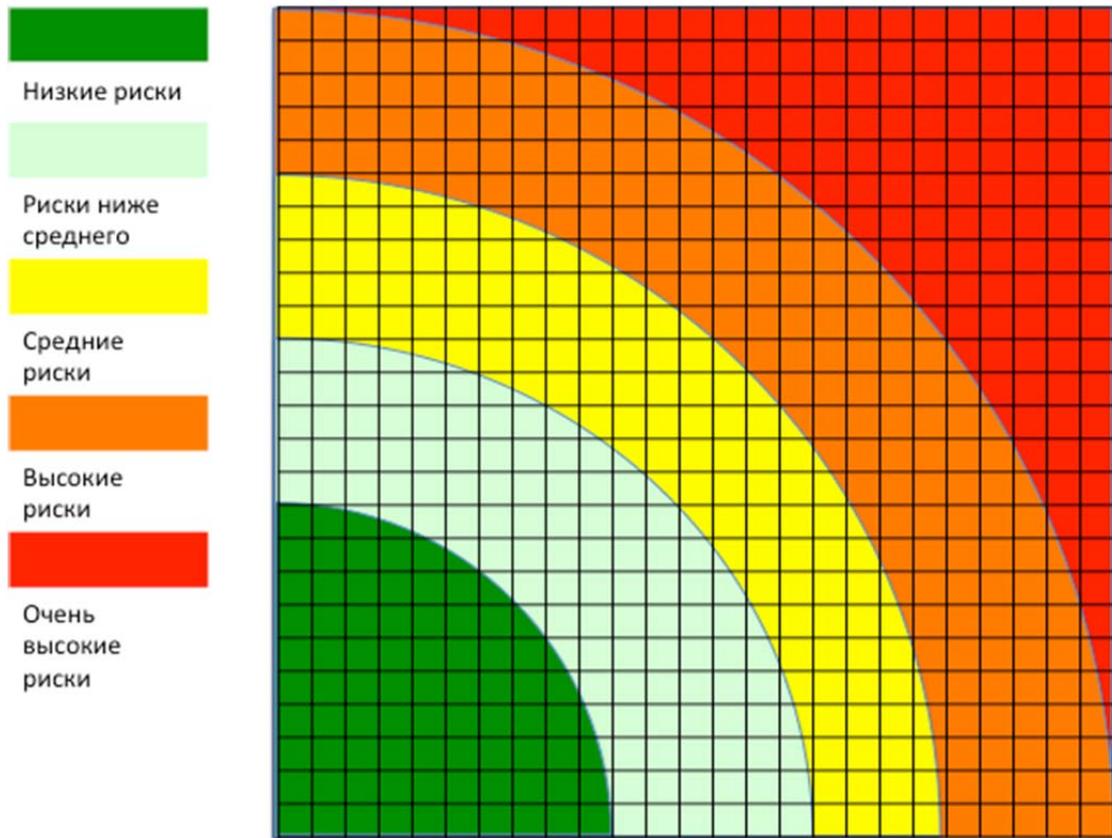


Рисунок 1 - Матрица рисков с раскраской по категориям в таблице 5.

6 Правила управления эксплуатационными рисками промысловых трубопроводов

Результаты оценки рисков ПТ на стадии разработки ПД и при дальнейшей эксплуатации могут применяться:

А) Для определения периодичности и объема ремонта, капитального ремонта, технического диагностирования и ревизии:

- ПТ 1-й категории риска («Очень высокий») - меры по техническому диагностированию и ревизии в объемах, обеспечивающих отсутствие отказов с реализацией принципа проведения планово-предупредительных мероприятий (диагностика, ТО, ремонт, капитальный ремонт, ревизия, замена) в объемах, превышающих требования ПД, изготовителей оборудования и действующих нормативных документов Российской Федерации;

- ПТ 2-й категории риска («Высокий») - обеспечиваются мероприятиями в соответствии с требованиями технической документации на единицы оборудования и дополнительными работами в области технического диагностирования, постоянного визуального контроля тех. состояния и приборного контроля технологических параметров;

- ПТ 3-й категории риска («Средний») обслуживаются аналогично ПТ 2-й категории с оптимизацией периодичности объёмов работ на основании опыта эксплуатации;

- ПТ 4-й и ниже категорий риска («Ниже среднего» и «Низкий») - могут эксплуатироваться по реализации мер по ТО и ремонту «по техническому состоянию»;

- ПТ 5-й категории риска («Низкий») - эксплуатируются до отказа. По факту отказа проводятся работы по восстановлению работоспособности.

Б) Для разработки ранжированного по рискам перечня мероприятий по поддержанию работоспособности и приведению в нормативное состояние ПТ в процессе эксплуатации;

В) Для расчёта инвестиций (физических объёмов работ) на восстановление работоспособности ПТ с целью вывода из состояния бездействия, реконструкции действующих ПТ и обустройства новых месторождений нефти и газа;

Г) Для формирования неснижаемого запаса запасных частей и материалов;

Д) Для разработки проектной документации на ПТ;

Е) Для выполнения иных видов работ на протяжении жизненного цикла ПТ;

Рекомендации по проектным решениям и эксплуатации ПТ выполненные на основе оценки рисков ПТ являются дополнением к требованиям действующих нормативных документов Российской Федерации

и не могут быть обоснованием для отказа от выполнения действующих норм и правил.

6.1 Управление рисками на стадии разработки основных технических решений

6.1.1 Эксплуатационные риски ПТ, связанные с реализацией риск-образующих событий согласно 5.2 и их последствиями согласно 5.3, управляются по 4-м видам стратегий:

Стратегия №1 – «Принять к сведению». Данная стратегия не предусматривает разработку дополнительных по отношению к ОТР проектных решений и мероприятий по эксплуатации ПТ;

Стратегия №2 – «Мониторинг». Данная стратегия не предусматривает разработку дополнительных проектных решений, но обязывает разработчика проектной документации внести такие корректировки в ОТР и требования по эксплуатации ПТ, которые будут обеспечивать:

- а) техническую возможность диагностирования дефектов или иных отклонений ПТ от проектных параметров, которые могут привести к реализации риск-образующего события;
- б) ремонтпригодность ПТ в случае отказа из-за реализации риск-образующего события.

Стратегия №3 – «Сокращение». Данная стратегия обязывает разработчика проектной документации при разработке ОТР предусмотреть выбор оборудования, материалов и изделий, решений по генеральному плану, способа прокладки трубопровода, системы КИПиА, системы защиты от различных воздействий и т.п., обеспечивающих выполнение требований заказчика проектной документации к проектируемому ПТ в части надёжности и срока службы, а также переводят рассматриваемый риск в

более низкую категорию, для которой применима стратегия № 2 «Мониторинг»;

Стратегия №4 – «Устранение». Данная стратегия требует изменения ОТР и разработки проектных решений и требований по эксплуатации ПТ, которые переводят ПТ на более низкую категорию риска, для которой применима стратегия № 2 - «Мониторинг». Изменённые ОТР и требования по эксплуатации ПТ должны содержать:

а) проектные решения, предупреждающие возможность реализации риск-образующего события (материал, конструкция, технологический режим и требования к безопасной эксплуатации);

б) проектные решения, предусматривающие своевременное обнаружение риск-образующего события (диагностика, мониторинг, системы КИПиА, контроль трассы и осмотр);

в) проектные решения по минимизации негативных последствий в случае реализации риск-образующего события (локализация утечки, пожаротушение и взрывобезопасность, ограничение доступа третьих лиц, аварийная остановка ПТ, план ликвидации аварий и оснащённость эксплуатирующей организации техническими средствами и обученным персоналом и т.п.);

г) проектные решения по эвакуации персонала и третьих лиц из района аварии (отказа), описание доступных на современном уровне методов ликвидации последствий утечки (очистка акваторий, рекультивация земель и т.п.).

У стратегии №4 возможен вариант усиления, когда не менее 1/2 принятых проектных решений по устранению риска должны быть дублированы.

6.1.2 Выбор стратегий управления рисками проводится отдельно для каждого риск-образующего события в зависимости от категории и величины

риска, рассчитанного по формуле (2). Соответствие между категорией риска и выбранной стратегией управления риском представлено в таблице 6.

Таблица 6

Стратегия управления риском	Категория риска	Величина риска (в результате балльной оценки)
№4 – «Устранение» с дублированием не менее половины проектных решений по ликвидации риска	1 - Очень высокий	От 25 и более
№4 – «Устранение»	2- Высокий	От 20 до 25
№3 – «Сокращение»	3- Средний	От 15 до 20
№2 – «Мониторинг»	4- Ниже среднего	От 10 до 15
№1 – «Принять к сведению»	5 - Низкий	От 0 до 10

6.1.3 Для каждого риск-фактора, который может привести к отказу проектируемого ПТ, должны быть предусмотрены проектные решения и требования к эксплуатации устраняющие/снижающие негативные последствия и/или снижающие вероятность нарушения целостности ПТ. Проектные решения по снижению эксплуатационных рисков и повышению надёжности ПТ разрабатываются в соответствии с действующими нормами проектирования и безопасной эксплуатации ПТ.

Пример проектных решений и требований к эксплуатации для снижения вероятности и последствий нарушений целостности ПТ представлен в таблице 7.

Таблица 7

Наименование риск-фактора	Проектные решения для минимизации риска, превышающие требования нормативной документации
Внутренняя эрозия	Увеличение толщины стенки Снижение потенциально опасных участков за счёт проектных решений
Внутренняя общая коррозия	Увеличение толщины стенки Ингибиторная защита Внутренняя изоляция Системы внутреннего коррозионного мониторинга Уменьшение потенциально опасных участков за счёт проектных решений (технологическая защита от коррозии)
Внутренняя локальная коррозия различных видов	Увеличение толщины стенки Ингибиторная защита Внутренняя изоляция Системы внутреннего коррозионного мониторинга Уменьшение потенциально опасных участков за счёт проектных решений (технологическая защита от коррозии)
Наличие сероводорода, растрескивание, блистеринг	Увеличение толщины стенки Применение трубной продукции с более высокими механическими свойствами металла и сварного соединения Предварительная очистка перекачиваемого продукта Системы внутреннего коррозионного мониторинга

Продолжение таблицы 7

Наименование риск-фактора	Проектные решения для минимизации риска, превышающие требования нормативной документации
Отсутствие/дефекты внешнего покрытия и/или отсутствие/неэффективная работа систем электрохимической защиты	Увеличение толщины стенки Изоляционные работы на трубопроводе\ Применение системы электрохимической защиты
Блуждающие токи	Применение системы электрохимической защиты
Наружная почвенная коррозия	Увеличение толщины стенки Применение системы электрохимической защиты Изоляционное покрытие
Внешняя коррозия в водной среде	Увеличение толщины стенки Применение системы электрохимической защиты
Наружное коррозионное растрескивание	Увеличение толщины стенки Применение трубной продукции с более высокими механическими свойствами металла и сварного соединения Применение системы электрохимической защиты
Атмосферная коррозия	Лакокрасочное покрытие
Строительный и металлургический брак	Увеличение объёмов строительного контроля Увеличение давления гидроиспытания Увеличение толщины стенки Системы обнаружения утечек
Механические повреждения (риски, задиры, вмятины, гофры и т.п.) при строительстве или эксплуатации	Увеличение толщины стенки Увеличение объёмов строительного контроля Увеличение давления гидроиспытания Системы обнаружения утечек Защитное композитное покрытие

Продолжение таблицы 7

Наименование риск-фактора	Проектные решения для минимизации риска, превышающие требования нормативной документации
Внешнее воздействие третьих сил (уязвимые участки)	Увеличение толщины стенки Увеличение глубины заложения трубопровода Инженерные системы защиты трубопровода от внешних воздействий (бетонные плиты, система труба в трубе, прокладка методом горизонтально-направленного бурения) Системы обнаружения утечек Защита наружных элементов (ограждения, сигнализация) Выделение и контроль охранной зоны Защитное композитное покрытие
Знакопеременные механические нагрузки	Увеличение толщины стенки Защитное композитное покрытие
Естественные напряжения, движения грунта, паводок	Увеличение толщины стенки Компенсаторы Защитное композитное покрытие
Пересечения водных преград	Увеличение толщины стенки Конструкция труба в трубе Прокладка методом горизонтально-направленного бурения Системы обнаружения утечек Защитное композитное покрытие
Потеря устойчивости (всплытие, выпучивание, просадка)	Увеличение объёмов строительного контроля Системы закрепления трубопровода в проектном положении Теплоизоляционные покрытия
Пересечение и параллельное следование с коммуникациями (ЛЭП, трубопроводы и т.п.)	Увеличение толщины стенки Увеличение глубины заложения Применение системы электрохимической защиты

Продолжение таблицы 7

Наименование риск-фактора	Проектные решения для минимизации риска, превышающие требования нормативной документации
Пересечение и параллельное следование с автомобильными и железными дорогами	Конструкция труба в трубе Увеличение толщины стенки Защита трубопровода бетонными плитами Применение системы электрохимической защиты трубопровода и защитного кожуха Системы контроля межтрубного пространства Системы обнаружения утечек Анализаторы атмосферного воздуха Дорожное барьерное ограждение Установка световозвращателей Установка предупреждающих знаков Системы аварийного ограничения движения на дороге Защитное композитное покрытие
Врезки, ремонт, ликвидация порывов	Увеличение толщины стенки Увеличение глубины заложения Системы обнаружения утечек
Нарушение технологического режима работы трубопровода	Увеличение толщины стенки Системы защиты от превышения давления Автоматизированная система управления технологическим процессом
Природные воздействия	Увеличение толщины стенки Системы обнаружения утечек Системы мониторинга природных воздействий
Аварийная ситуация на соседнем объекте	Увеличение толщины стенки Конструкция труба в трубе Увеличение глубины заложения Системы обнаружения утечек Увеличение расстояний с соседними объектами

Окончание таблицы 7

Наименование риск-фактора	Проектные решения для минимизации риска, превышающие требования нормативной документации
Предумышленные противоправные воздействия третьих лиц, в т.ч. диверсия, теракт	Системы контроля и наблюдения

6.2 Управление рисками в процессе эксплуатации промышленных трубопроводов

6.2.1 В процессе эксплуатации ПТ эксплуатирующая организация выполняет работы по осмотру, ТО, диагностированию, борьбе с коррозией, снижением пропускной способности и другими негативными факторами воздействия, ремонту и капитальному ремонту.

6.2.2 ОТР к ПТ должны содержать требования к эксплуатации и демонтажу/ликвидации объектов. Содержание, периодичность работ по осмотру, ТО и диагностированию должны быть определены на основе оценки эксплуатационных рисков, связанных с риск-образующими событиями и выбранной стратегией управления рисками согласно 6.1. Разработанные проектные решения по обеспечению безопасной эксплуатации ПТ должны быть отражены в ПД и в технологическом регламенте по эксплуатации ПТ или в ином документе, регламентирующем порядок и содержание работ по эксплуатации ПТ.

7 Идентификация, оценка и приоритезация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов

7.1 Идентификация

7.1.1 Идентификация эксплуатационных рисков ПТ осуществляется в 2 этапа:

- На первом этапе ПТ делится на отдельные участки для которых технологические режимы эксплуатации, экологические условия на трассе, конструкция и вспомогательные системы не имеют существенных отличий. Например, если часть трассы ПТ проходит через водную преграду, в водоохранной зоне или иной особо охраняемой природной территории, а другая часть расположена на территории без каких либо ограничений в природопользовании, то такой ПТ должен быть разбит на 2 участка, трасса которых проходит по двум вышеописанным территориям. Также следует делить на участки ПТ в точках подключения других ПТ или при переходе от наземной прокладки на эстакаде к подземному исполнению.

- На втором этапе каждый участок ПТ анализируется на возможность реализации риск-образующих событий, перечисленных в п.5.2. Кроме того, специалисты, которые проводят такой анализ вправе сформулировать другие риск-образующие события, которые могут произойти на рассматриваемом ПТ в связи с его особенностями.

7.1.2 Результат идентификации эксплуатационных рисков фиксируется в виде таблицы идентифицированных рисков в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8 - Перечень идентифицированных риск-образующих событий, которые могут произойти в процессе эксплуатации ПТ

Риск-образующее событие	Участок ПТ - 1	Участок ПТ - 2	.....	.....	Участок ПТ - N
Событие 1	да	да	.....	.....	да
Событие 2	да	нет	.....	.....	нет
Событие 3	нет	да	.....	.....	да
.....	
Событие N	да	да	.....	.....	нет

7.2 Оценка и приоритезация

7.2.1 Оценка эксплуатационных рисков ПТ проводится путём экспертного определения вероятности наступления риск-образующих событий идентифицированных в порядке, изложенном согласно 7.1. Вероятность определяется в соответствии с правилами согласно 5.5, а последствия по правилам согласно 5.6. Расчёт величины риска проводится согласно 5.7.2.

7.2.2 Приоритезация эксплуатационных рисков проводится путём выбора одной из 4-х доступных стратегий управления рисками согласно 6.1. Результаты оценки и приоритезации рисков оформляются по форме, в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 - Результаты оценки и приоритезации эксплуатационных рисков ПТ

Риск	Участок ПТ - 1			
	Вероятность, баллы	Последствия, баллы	Величина риска	Принятая стратегия управления риском
Событие 1 (R ₁)	6	10	11,7	№2 – «Мониторинг»
Событие 1 (R ₂)	20	6	20,1	№4 – «Устранение»
Событие 3 (R ₁)	-	-		№1 – «Принять к сведению»
Событие 3 (R ₂)	-	-		№2 – «Мониторинг»
.....				
Событие N (R ₁)	18	22	28,4	№2 – «Мониторинг»
Событие N (R ₂)	18	22	28,4	№4 – «Устранение» с дублированием не менее ½ проектных решению по ликвидации риска

.....

Риск	Участок ПТ - N			
	Вероятность, баллы	Последствия, баллы	Величина риска	Принятая стратегия управления риском
Событие 1 (R ₁)	12	22	17,0	№3 – «Сокращение»
Событие 1 (R ₂)	-	-		№1 – «Принять к сведению»
Событие 2 (R ₁)	3	6	6,7	№1 – «Принять к сведению»

Окончание таблицы 9

Риск	Участок ПТ - N			
	Вероятность, баллы	Последствия, баллы	Величина риска	Принятая стратегия управления риском
Событие 2 (R ₂)	3	6	6,7	№2 – «Мониторинг»
.....				
Событие N (R ₁)	4	24	24,3	№4 – «Устранение»
Событие N (R ₂)	4	24	24,3	№2 – «Мониторинг»

8 Правила риск-ориентированного проектирования промышленных трубопроводов

8.1 При реализации риск-ориентированного проектирования промышленных трубопроводов необходимо выполнить несколько основных правил. Основное значение разработки ПД ПР с учётом рисков имеет формулирование в задании на проектирование ключевых показателей, определяющих требуемую для заказчика эксплуатационную надёжность ПТ. Такими показателями являются:

- допустимое количество реализовавшихся риск-образующих событий (отказов) на протяжении всего срока службы ПТ;
- срок службы ПТ с учётом будущих экономически оправданных ремонтов и капитальных ремонтов ПТ;
- срок до первого ремонта ПТ, т.е. срок службы ПТ, когда безотказная эксплуатация обеспечивается только мерами по осмотрам, техническому обслуживанию, борьбе с коррозией и другими негативными воздействиями на ПТ;
- уровень приемлемости последствий реализации риск-образующих событий для окружающей среды, персонала, населения, охраны труда, имиджа компании, производственных потерь (см. таблицу 4).

Вышеизложенные показатели определяют большинство проектных решений и требований по безопасной эксплуатации ПТ. Кроме того, показатели эксплуатационной надёжности должны соответствовать потребностям заказчика ПД и не превышать технически доступный уровень, соответствующий лучшим мировым практикам.

8.2 В зависимости от сопоставления срока до первого ремонта и срока службы ПТ в рамках ОТР должны быть предусмотрены решения по обеспечению ремонтпригодности ПТ, в т.ч. отдельных его элементов и

единиц оборудования. Также должна быть предусмотрена возможность замены проектируемого ПТ по факту окончания срока службы.

8.3 Оценка экономической эффективности и воздействия на риски различных вариантов ПТ, рассмотренных в ОТР, проводится с учётом требований по безопасной эксплуатации в рамках операционной деятельности по защитным мероприятиям, ТО, ремонту и капитальному ремонту и с учётом ущерба от реализовавшихся рисков (отказов).

8.4 Экономическая эффективность ОТР в рамках оценки капитальных затрат оценивается с учётом срока службы проектируемых ПТ и плановой потребностью в замене и реконструкции на протяжении жизненного цикла актива (месторождения нефти и газа).

9 Процесс риск-ориентированного проектирования промысловых трубопроводов

9.1 Процесс риск-ориентированного проектирования промысловых трубопроводов

9.1.1 Риск-ориентированное проектирование ПТ предусматривает на основе идентификации, оценки и приоритезации эксплуатационных рисков на протяжении всего жизненного цикла ПТ обоснованный выбор необходимых проектных решений и требований к эксплуатации.

9.1.2 В случаях, когда:

- А) ПТ по формальным признакам имеет низкую категорию;
- Б) действующие нормы и правила проектирования и эксплуатации ПТ не требуют дополнительных решений по повышению надёжности;
- В) из-за тех или иных особенностей ПТ (трасса, экологическая значимость района, потенциальный материальный или социальный ущерб) риски велики и не приемлемы для эксплуатирующей организации/заказчика,

Применение риск-ориентированного подхода позволит обеспечить необходимую для заказчика ПД эксплуатационную надёжность ПТ.

9.2 Этапы процесса выполнения ПИР с реализацией риск-ориентированного подхода

Процесс проектирования ПТ с применением риск-ориентированных подходов состоит из выполнения последовательных этапов и его результатом являются ОТР и требования к эксплуатации ПТ, которые должны быть применены в процессе разработки ПД, проведения пуско-наладочных работ и последующей эксплуатации.

Этапы процесса применения риск-ориентированных правил проектирования ПТ, очередность их выполнения и исполнители представлены в таблице 10.

Таблица 10

№ этапа	Этап	Содержание	Ответственный за выполнение
1	Разработка задания на проектирование с указанием необходимости реализации риск-ориентированного подхода	<p>Для проектируемого ПТ в задании на проектирование указать:</p> <ul style="list-style-type: none">- допустимое количество реализовавшихся риск-образующих событий (отказов) на протяжении всего срока службы ПТ;- срок службы ПТ с учётом будущих экономически оправданных ремонтов и капитальных ремонтов ПТ;- срок до первого ремонта ПТ;- уровень приемлемости последствий отказов ПТ (материальный, социальный и экологический ущерб) <p>Результат этапа: Задание на проектирование</p>	Заказчик ПД
2	Разработка ОТР на ПТ	<p>ОТР (типовые) в т.ч. по объектам аналогам, соответствующие действующим нормам и правилам.</p> <p>Результат этапа: Предварительные ОТР</p>	Проектная организация

Продолжение таблицы 10

№ этапа	Этап	Содержание	Ответственный за выполнение
3	Разбить проектируемый ПТ на отдельные участки	Для целей идентификации, оценки и приоритезации рисков ПТ разбивается на участки для каждого из которых эксплуатационные параметры и условия на трассе отличаются незначительно (см. п.7.1 настоящего свода правил). Результат этапа: Перечень участков ПТ с пикетами (начало, конец)	Проектная организация
4	Для каждого участка проектируемого ПТ идентифицировать риск-факторы	Риск-факторы в таблице 1 и иные по рекомендациям в п.5.2 настоящего свода правил оцениваются по возможности реализации на проектируемом ПТ. Результат этапа: Заполненная для ПТ таблица 8 настоящего свода правил	Проектная организация*

Продолжение таблицы 10

№ этапа	Этап	Содержание	Ответственный за выполнение
5	Оценка, приоритезация рисков ПТ и выбор стратегии управления рисками	<p>Для идентифицированных на этапе №4 риск-факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценить вероятность в баллах от 1 до 25 по п.5.4.1 и таблице 3; - оценить вероятные последствия отказа в баллах от 1 до 25 из-за нарушения целостности ПТ с учётом видов последствий и вероятных сценариев по п.5.3. и таблицы 2. Баллы оцениваются по п.5.4.2 таблица 4; - рассчитать риск по формуле в п.5.4.3 и отнести ПТ к одной из категорий риска по таблице 5; - в соответствии с категорией риска выбрать стратегию управления риском по таблице 6 в п.6.1. <p>Результат этапа: Заполненная для ПТ таблица 9 настоящего свода правил</p>	Проектная организация*
6	Корректировка ОТР ПТ с применением риск ориентированных подходов	<p>В соответствии с выбранной стратегией управления риском нарушения целостности и последующего отказа ПТ для риск-фактора разработать и предусмотреть в ПД применение проектного решения и/или требования к эксплуатации. Примерный перечень проектных решений приведен в таблице 7 настоящего свода правил.</p> <p>Результат этапа: ОТР ПТ с применением риск-ориентированных подходов</p>	Проектная организация

Окончание таблицы 10

№ этапа	Этап	Содержание	Ответственный за выполнение
7	Контроль полноты и достаточности учёта рисков нарушения целостности в ОТР на ПТ	Выполнить процедуру оценки и приоритизации рисков с учётом новых ОТР, разработанных на этапе №6 Результат этапа: верифицированные ОТР ПТ с применением риск-ориентированных подходов	Проектная организация
8	Согласование ОТР ПТ с заказчиком ПД	Согласовать с заказчиком ПД ОТП ПТ, разработанные с применением настоящего свода правил. Результат этапа: Согласованные с заказчиком ПД ОТР ПТ с применением риск-ориентированных подходов	Проектная организация, Заказчик ПД
* - Рекомендуется для выполнения данной работы привлечь специалистов заказчика ПД/эксплуатирующей организации и согласовать полученные результаты.			

9.3 Требования к содержанию разделов проектной документации

В ПД ПТ с применением риск-ориентированных подходов к проектированию должны быть представлены результаты работ по реализации этапов проектирования в соответствии с таблицей 10 с заполненными таблицами 8 и 9 по результатам выполнения контрольных процедур на этапе №7 согласно 9.1 настоящего свода правил.

Библиография

- [1] Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ Градостроительный кодекс Российской Федерации
- [2] Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
- [3] Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

СП
(Проект, окончательная редакция)

УДК _____ ОКС _____

Ключевые слова: Анализ риска, проектирование, промышленные трубопроводы, оценка и приоритезация эксплуатационных рисков промышленных трубопроводов

Руководитель организации-разработчика
ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»

Директор

В.А. Сидяков

Руководитель
разработки

Зам. директора
по науке

Л.А. Андреева

Исполнитель

Начальник отдела
Комплексных
исследований,
стандартизации и логистического
сопровождения проектов

И.П. Потапов

СОИСПОЛНИТЕЛИ:

Руководитель организации-разработчика
ООО «Трансэнергострой»

Руководитель разработки	<u>Генеральный директор</u> должность	_____	<u>И.В. Вьюницкий</u>
		личная подпись	
Исполнитель	<u>Генеральный директор</u> должность	_____	<u>И.В. Вьюницкий</u>
		личная подпись	
Исполнитель	<u>Начальник отдела экспертизы промышленной безопасности объектов ТЭК</u> должность	_____	<u>А.В. Фомин</u>
		личная подпись	
Исполнитель	<u>Руководитель группы стандартизации отдела ЭПБ объектов ТЭК</u> должность	_____	<u>С.А. Артемьева</u>
		личная подпись	