

Международный  
стандарт

**ISO**  
**13623**

Первое издание  
2000-04-15

---

---

Нефтегазодобывающая промышленность –  
Система трубопроводного транспорта

---

---

Номер для ссылки  
ISO 13623:2000(E)

© ISO 2000

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
1 Область действия	5
2 Нормативные ссылки	5
3 Термины и определения	9
4 Общие положения	11
4.1 Здоровье, безопасность и окружающая среда	11
4.2 Компетентность обслуживающего персонала	11
4.3 Согласованность	11
4.4 Документы	11
5 Проектирование системы трубопроводов	11
5.1 Дефиниция системы	11
5.2 Деление флюида на категории	12
5.3 Гидравлический анализ	12
5.4 Контроль давления и защита от избыточного давления	13
5.5 Требования к эксплуатации и техническому обслуживанию	13
5.6 Общественная безопасность и защита окружающей среды	14
6 Проектирование трубопровода	14
6.1 Принципы проектирования	14
6.2 Выбор трассы	15
6.3 Нагрузки	17
6.4 Требования к прочности	21
6.5 Устойчивость	26
6.6 Пролёт трубопровода	26
6.7 Требования к испытанию под давлением	26
6.8 Другая деятельность	28
6.9 Пересечения и наступления	30
6.10 Неблагоприятные условия – грунт и морское дно	32
6.11 Секционные стопорные клапаны	32
6.12 Контроль целостности	32
6.13 Проектирование системы очистки труб скребками	32
6.14 Готовые элементы конструкции	33
6.15 Опоры и анкеры	35
6.16 Морские стояки	36
7 Проектирование станций и конечных станций	36
7.1 Выбор места расположения	36
7.2 Схема расположения	37
7.3 Охрана	37
7.4 Безопасность	37
7.5 Окружающая среда	38
7.6 Сооружения	39
7.7 Оборудование	40
7.8 Сеть трубопроводов	40
7.9 Система аварийной остановки	40
7.10 Электрооборудование	41
7.11 Расходный бак и резервуары для хранения	41
7.12 Обогревающие и охлаждающие станции	41
7.13 Станции измерения потребления газа и контроля давления	41
7.14 Система мониторинга и коммуникации	42
8 Материалы и покрытия	42
8.1 Общие требования к материалам	46
8.2 Трубопровод	47
8.3 Компоненты	47

8.4	Покрытия	49
9	Контроль коррозии	50
9.1	Общие положения	50
9.2	Оценка внутренней коррозии	50
9.3	Борьба с внутренней коррозией	51
9.4	Оценка внешней коррозии	53
9.5	Подавление внешней коррозии	54
9.6	Программы и технология управления	60
9.7	Оценка контрольных мероприятий и интерпретация результатов	62
9.8	Документация	62
10	Сооружения	63
10.1	Общие положения	63
10.2	Подготовка трассы наземного трубопровода	63
10.3	Подготовка трассы морского трубопровода	64
10.4	Сварка и соединение	65
10.5	Покрытия	65
10.6	Монтаж наземного трубопровода	66
10.7	Морские установки	67
10.8	Чистка и замер	70
10.9	Технический отчёт	73
10.10	Строительные технологии	73
11	Испытание	74
11.1	Общие положения	74
11.2	Безопасность	74
11.3	Методика	74
11.4	Критерий приёмки	75
11.5	Испытание соединений двух ниток трубопровода	76
11.6	Испытательное оборудование	77
11.7	Протокол испытания	78
11.8	Отведение жидкостей для испытания	78
11.9	Меры по защите трубопровода после испытания	78
12	Пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию	78
12.1	Общие требования	78
12.2	Процедуры чистки	79
12.3	Процедуры высушивания	79
12.4	Функциональное тестирование оборудования или систем	79
12.5	Документация	79
12.6	Технология запуска и ввода жидкостей для транспортировки	80
13	Эксплуатация, техническое обслуживание и ликвидация	80
13.1	Управление	80
13.2	Операции	83
13.3	Техническое обслуживание	84
13.4	Изменение условий проектирования	92
13.5	Закрытие	94
		95
	Дополнение А (нормативное) Оценка безопасности трубопровода	100
	Дополнение В (нормативное) Дополнительные требования к безопасности трубопроводного транспорта	104
	Дополнение С (информативное) Процесс выбора трассы трубопровода	106
	Дополнение D (информативное) Примеры факторов, влияющих на выбор трассы	
	Дополнение E (информативное) Техника эксплуатации, порядок технического обслуживания, действия в аварийной ситуации	108
	Дополнение F (информативное) Документация	110
	Библиография	111

## **Предисловие**

ISO (Международная организация по стандартизации) – это всемирная федерация, объединяющая организации по национальным стандартам. Разработка международных стандартов проводится сотрудниками технических комитетов ISO. Каждая организация - член ISO, заинтересованная в предмете, который является целью учреждения технического комитета, имеет своего полномочного представителя в данном комитете. Международные государственные и негосударственные организации, сотрудничающие с ISO, также принимают участие в работе над созданием международного стандарта. ISO вовлечена в тесное взаимодействие с Международной электротехнической комиссией (IEC), оказывающей неоценимую помощь в решении вопросов, касающихся электротехнической стандартизации.

Проекты международных стандартов полностью согласованы с директивами ISO/IEC, часть 3.

Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами ISO, передаются на рассмотрение представителям организаций-членов ISO. Именно их голоса имеют решающее значение при вынесении окончательного вердикта относительно того, будет ли проект принят или отвергнут. Для того чтобы проект был опубликован в качестве международного стандарта, за него должны проголосовать 75% организаций-членов ISO.

Следует обратить внимание на то, что некоторые составные части данного международного стандарта могут быть субъектом патентного права. ISO не несёт ответственности за установление подлинности того или иного патентного права.

Международный стандарт ISO 13623 подготовлен техническим комитетом ISO/TC 67 *Материалы, оборудование и морские конструкции для нефтегазодобывающей промышленности*, а также подкомитетом SC 2, *Системы трубопроводного транспорта*.

Дополнения А и В образуют нормативную часть данного международного стандарта. Дополнения С, D, E, F являются информативными.

## **Введение**

Значительные разногласия, существующие между странами-участницами ISO по вопросам общественной безопасности и защиты окружающей среды, препятствуют выработке единого подхода к проблеме системы трубопроводного транспорта для нефтегазодобывающей промышленности. Преодоление различий в значительной степени затруднено действующим в рамках отдельной страны особым законодательством, устанавливающим свои требования к охране общественной безопасности и защите окружающей среды. Технический комитет 67/SC 2, приняв во внимание вышеназванные противоречия, вынес решение о правомочности каждой страны руководствоваться нормами собственного национального законодательства, принятого в сфере общественной безопасности и защиты окружающей среды. Таким образом, утверждается независимость национального законодательства в данной области от требований международного стандарта ISO 13623.

Этот международный стандарт не является руководством по проектированию. Более того, он изначально создан как дополнение к богатому инженерному опыту. Данный международный стандарт допускает использование инновационных технологий и методик, таких как основанный на прочности метод проектирования по предельному состоянию. Применение вышеназванной методики ограничивается соблюдением минимума требований данного международного стандарта.

## Нефтегазодобывающая промышленность – Трубопроводный транспорт

### 1. Область действия

В данном международном стандарте отражены требования к проектированию, материалам, испытанию, эксплуатации, техническому обслуживанию и ликвидации системы трубопроводов нефтегазодобывающей промышленности

Этот международный стандарт применим к наземным и морским системам трубопроводов, подключённым к трубопроводу продуктивным скважинам, эксплуатационным установкам, нефтепереработке и хранению, включая любую секцию трубопровода, сооружённую в пределах данной установки. Величина трубопровода, попадающего в сферу действия данного международного стандарта, проиллюстрирована на схеме 1.

Этот международный стандарт актуален для системы жестких металлических трубопроводов. Действие международного стандарта не распространяется на гибкие трубопроводы или трубопроводы, изготовленные из материалов, подобных стеклопластику.

Данный стандарт применим ко всем новым системам трубопроводов, а также к модификациям на базе существующих. В этом случае нет необходимости применять этот стандарт ретроактивно по отношению к ранее сооруженным системам.

Данный международный стандарт описывает функциональные требования к системе трубопроводов и обеспечивает основу для их проектирования, сооружения, испытания, эксплуатации, технического обслуживания и ликвидации с учётом безопасности.

### 2. Нормативные ссылки

Текст содержит ссылки на нормативные документы. Эти документы содержат положения, которые легли в основу создания этого международного стандарта. Ни одна из этих публикаций не имеет отношения к датированным ссылкам, последующим поправкам и изменениям. Тем не менее, стороны договора, основанного на данном международном стандарте, поощряются в стремлении изыскать возможность применения новейших изданий ниже перечисленных нормативных документов. Что касается недатированных ссылок, то используется самое позднее издание документа, на который делается ссылка. Члены ISO и IEC располагают перечнями действующих международных стандартов.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** стандарты, не являющиеся международными, могут быть по договорённости заменены общепризнанными или эквивалентными национальными или промышленными стандартами.

ISO 148:1983, Сталь –Испытания на удар по Шарпи (V-образный надрез).

ISO 3183-1:1996, Нефтегазодобывающая промышленность – Стальные трубы для трубопроводов –Условия технической поставки –Часть1:Трубы класса А..

ISO 3183-2:1996, Нефтегазодобывающая промышленность – Стальные трубы – условия технической поставки –Часть 2: Трубы класса В.

ISO 3183-3:1999, Нефтегазодобывающая промышленность –Стальные трубы для трубопровода –Условия технической доставки – часть3: Трубы класса С.

ISO 7005-1:1992, Металлические фланцы –Часть1:Стальные фланцы.

ISO 10474:1991, Сталь и продукты из стали –Акт приёмочного контроля.

ISO 13847, Нефтегазодобывающая промышленность – Системы трубопроводного транспорта – Сварка в промысловых условиях и заводская сварка трубопровода.

ISO 14313, Нефтегазодобывающая промышленность – Система трубопроводного транспорта –Трубопроводная арматура.

ISO 14723, Нефтегазодобывающая промышленность – Система трубопроводного транспорта –Подводная трубопроводная арматура.

IEC 60079-10:1995, Электрическая аппаратура для атмосферы взрывоопасного газа – Часть10:Классификация зон риска.

IEC60079-14:1996, Электрическая аппаратура для атмосферы взрывоопасного газа – Часть14:электрические установки в зонах риска(кроме шахт).

API<sup>1</sup>Std 620:1996, Проектирование и сооружение крупных сварных складских резервуаров низкого давления.

API Std 650:1993, Сварные стальные резервуары для хранения нефти.

ASME<sup>2</sup>B16.5:1996, Трубные фланцы и фланцевые фитинги – NPS ½ и NPS 24.

ASME B31.3:1996, Система трубопроводов.

ASME Правила котлонадзора и контроля сосудов под давлением: 1998, Секция 8, Раздел 1, Правила сооружения сосудов под давлением.

ASTM<sup>3</sup>A1933/A 193M:1998, Типовые технические условия на материалы для болтовых соединений из легированной и нержавеющей стали, работающих при высоких температурах.

ASTM A194/A 194M:1998, типовые технические условия на гайки из легированной и углеродистой стали для болтов, рассчитанных на действие в условиях высокого давления и/или высокой температуры.

MSS<sup>4</sup>SP-25:1998, Стандарт на систему маркировки клапанов, фитингов, фланцев и муфтовой трубопроводной арматуры.

MSS SP-44:1996, Стальные трубные фланцы.

NFPA<sup>5</sup>30, Стандарт на воспламеняемые вещества и горючие жидкости.

NFPA 220, Стандарт на виды домостроения.

---

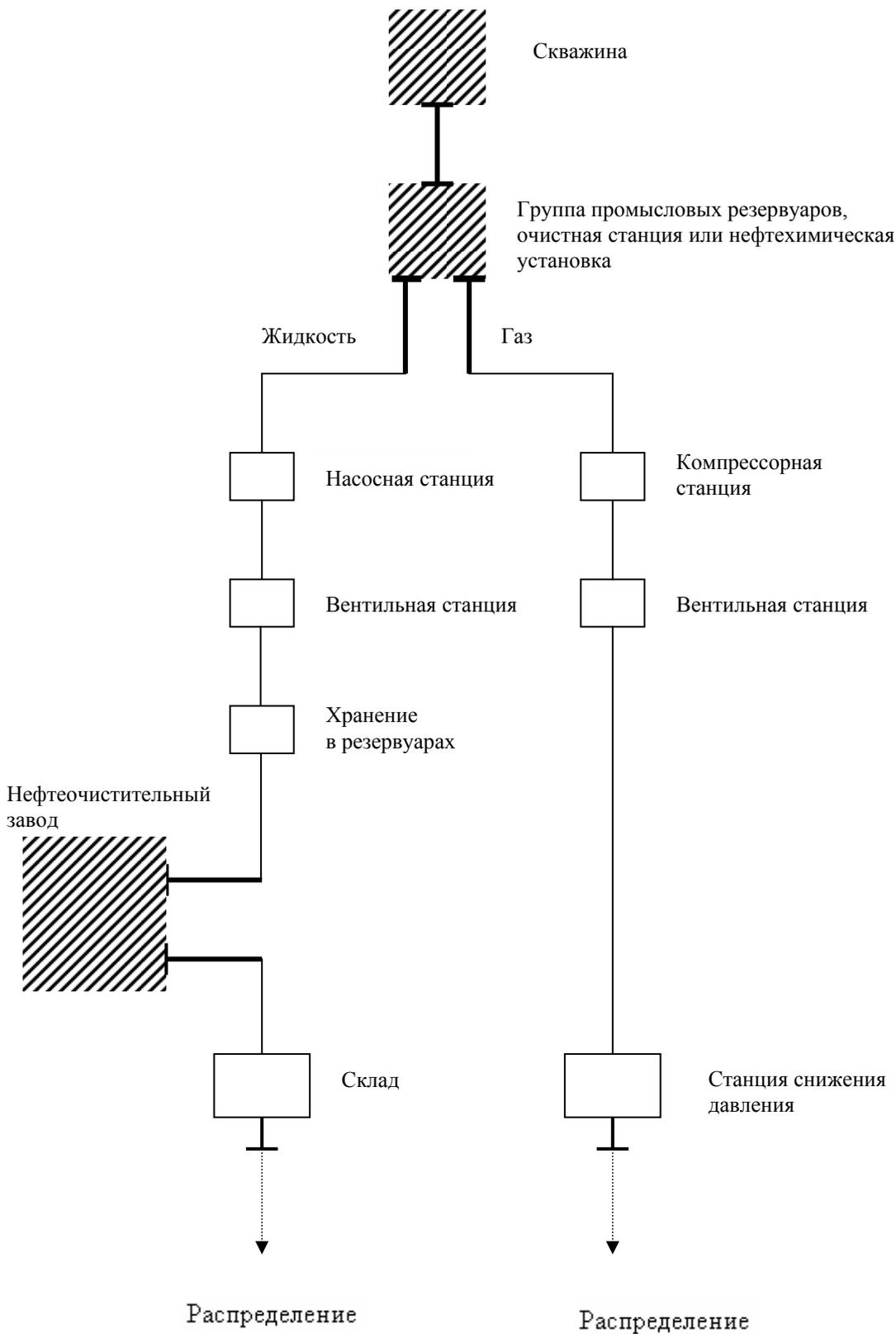
<sup>1</sup> American Petroleum Institute (Американский институт нефти), 1220 L Street, Northwest Washington, DC 20005-4070, USA.

<sup>2</sup> American Society of Mechanical Engineers (Американское общество инженеров-механиков), 345 East 47<sup>th</sup> street, NY 10017-2392, USA.

<sup>3</sup> American Society for Testing and Materials (Американское общество по испытанию материалов), 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

<sup>4</sup> Manufacturer's Standardization Society of the Valve and Fittings Industry (Общество по стандартизации в промышленном производстве клапанов и фитингов), 127 Park Street, N.E., Vienna, VA22180, USA.

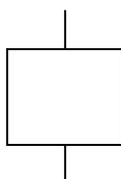
<sup>5</sup> National Fire Protection Association (Национальная ассоциация по противопожарной защите), 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, 02269-9101, USA.



ПРИМЕЧАНИЕ: в местах соединения системы трубопроводов с другими приспособлениями должны находиться стопорные клапаны.

**Схема 1 – Система трубопроводов, находящаяся в сфере влияния данного международного стандарта**

Пояснения к схеме:



Система трубопроводов, которая рассматривается в данном стандарте

Соединение с другими установками

Трубопровод, не рассматриваемый в данном международном стандарте

Станции/производственные площади для морских установок, не охваченные данным международным стандартом

Станции/производственные площади, рассматриваемые в данном международном стандарте

### **3. Термины и определения**

В международном стандарте используются ниже перечисленные термины и определения.

#### **3.1 Ввод в действие**

Действия по первоначальному наполнению системы трубопроводов предназначенными для перегонки жидкостями или газами.

#### **3.2 Сборный агрегат**

Сборка трубы и деталей в единый агрегат и монтаж сборного узла в качестве подсистемы трубопровода.

#### **3.3 Текучая среда**

Текучая среда для перегонки по трубопроводу.

#### **3.4 Ремонтные работы без прекращения эксплуатации**

Механическое резание действующего трубопровода.

#### **3.5 Действующий трубопровод**

Трубопровод, введённый в эксплуатацию в целях транспортировки текучей среды.

#### **3.6 Внутреннее расчётное давление**

Максимальное внутреннее давление, при котором трубопровод и его секции проектируются в соответствии с данным международным стандартом.

#### **3.7 Коридор для прокладки трубопровода**

Коридор для сооружения морского трубопровода, обычно определяется перед началом строительных работ.

#### **3.8 Класс местоположения**

Географическая область, классифицируемая согласно критерию плотности населения и деятельности людей.

#### **3.9 Техническое обслуживание**

Действие, направленное на поддержание системы трубопровода в состоянии, пригодном для нормального выполнения требуемых функций.

ПРИМЕЧАНИЕ: приёмочный контроль, осмотр, испытание, наблюдение, текущий ремонт, замена.

### **3.10 Максимально допустимое рабочее давление**

Максимальное давление, при котором допускается функционирование трубопровода и его деталей.

### **3.11 Морской трубопровод**

Трубопровод в морских водах и приморских эстуариях с ординарной отметкой уровня высоких вод.

### **3.12 Трубопровод**

Приспособления для перегонки жидкости или газа, включая трубы, уловители скребков, детали, вспомогательные установки, вплоть до стопорных клапанов включительно.

### **3.13 Расчётный срок службы трубопровода**

Период времени, отведённый на подтверждение факта пригодности заменяемых или постоянных деталей к эксплуатации в течение предполагаемого срока.

### **3.14 Наземный трубопровод**

Трубопровод над или под землёй, включая линии, проложенные под внутренними водными путями.

### **3.15 Система трубопроводов**

Трубопровод с компрессорными или насосными станциями, станциями контроля давления и потока, контрольно-измерительным оборудованием, заправкой, резервуарами для хранения, диспетчерским управлением, системой сбора информации, системой безопасности и любым другим оборудованием, приспособлением или сооружением, применяемым в целях перегонки жидкости или газа.

### **3.16 Полоса отвода**

Участок земли, в пределах которого оператор имеет право на проведение работ согласно договору, заключённому с землевладельцем.

### **3.17 Стояк**

Часть морского трубопровода, включая подводные катушки и барабаны, простирающаяся от морского дна до конечной точки морского трубопровода.

### **3.18 Минимальный предел текучести**

Минимальный предел текучести согласно спецификации и стандарту на материал.

## **4 Общие положения**

### **4.1 Здоровье, безопасность и окружающая среда**

Проектирование, выбор материалов, технические условия, сооружение, испытание, эксплуатация, техническое обслуживание и ликвидация системы трубопроводов для нефтегазодобывающей промышленности должны производиться в соответствии с требованиями данного международного стандарта, обязывающего соблюдать нормы безопасности и требования по защите окружающей среды.

### **4.2 Компетентность обслуживающего персонала**

Вся деятельность, связанная с проектированием, сооружением, испытанием, эксплуатацией, техническим обслуживанием и ликвидацией трубопровода, должна осуществляться квалифицированными работниками.

### **4.3 Согласованность**

Согласованность с требованиями данного международного стандарта обеспечивает системой контроля качества.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** при выборе систем контроля качества следует руководствоваться стандартом ISO 9000-1.

### **4.4 Документы**

Записи, акты, протоколы, ведомости, фиксирующие состояние системы трубопровода должны сохраняться на протяжении всего срока службы трубопровода, так как только на их основании можно сделать заключение о надлежащем выполнении всех условий, поставленных в этом международном стандарте.

## **5 Проектирование системы трубопровода**

### **5.1 Дефиниция системы**

Размер трубопровода, функциональные требования и действующее законодательство подлежат чёткому определению и документированию.

Величина трубопровода выявляется из описания всей системы в целом, включая планы общего расположения оборудования, демаркации и границы с другими установками.

Функциональные требования включают определение расчётного срока службы и расчётные параметры. При установлении расчётных параметров необходимо учитывать предполагаемый нормальный, экстремальный и закрытый режим работы со всеми возможными вариациями скоростей потока, давления, температур, состава и свойств текучей среды.

## 5.2 Деление флюида на категории

Деление предназначенных для транспортировки по трубопроводу жидкостей и газов на пять категорий обусловлено различной степенью потенциальной угрозы, которую данные виды текучей среды представляют для окружающей среды и здоровья населения.

<b>Категория А</b>	Типичные невоспламеняющиеся флюиды на водной основе
<b>Категория В</b>	Воспламеняющиеся и/или токсичные флюиды, являющиеся жидкостями при температуре окружающей среды и атмосферном давлении. Пример – нефтепродукты. Метанол – флюид, сочетающий в себе воспламеняемость и токсичность.
<b>Категория С</b>	Невоспламеняющиеся флюиды, являющиеся нетоксичными газами в условиях температуры окружающей среды и атмосферного давления. Пример: азот, двуокись углерода, аргон и воздух.
<b>Категория D</b>	Нетоксичный однофазный природный газ.
<b>Категория Е</b>	Воспламеняющиеся и/или токсичные флюиды, представляющие собой газы в условиях температуры окружающей среды и атмосферного давления и перегоняются подобно газам и/или жидкостям. Типичные примеры: азот, природный газ (за исключением категории D), этан, этилен, сжиженный нефтяной газ (пропан и бутан), газовый бензин, аммиак и хлор.

Газы и жидкости, не названные в этих категориях, следует классифицировать как вещества, взрывоопасный и токсический потенциал которых максимально соответствует опасному потенциалу вышеперечисленных веществ.

## 5.3 Гидравлический анализ

Гидравлический анализ системы трубопроводов позволяет выявить способность данной системы к безопасной транспортировке текучей среды при наличии расчётных параметров, указанных в пункте 5.1, а также определить все необходимые ограничения, налагаемые на функционирование системы и требования к её эксплуатации. Анализ должен охватывать как стабилизированные, так и переходные параметры.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** примерами ограничений и требований к эксплуатации являются допуски на скачки давления, предупреждение засорения восковыми отложениями и формированиями гидратов, предотвращение неоправданной потери давления по причине высокой вязкости при пониженных рабочих температурах; контроль объёмов жидкотекучего шлака, скапливающегося при многофазовой транспортировке флюида; режим потока для контроля внутренней коррозии; скорость распространения эрозии и меры, принятые против эксплуатации провисшей линии.

#### **5.4 Регуляция давления и защита от избыточного давления**

В качестве мер, принятых против превышения допустимых норм рабочего давления, применяются такие технологии, как регулировка давления с помощью клапанов или автоматическое выключение установок содержания под давлением. Применение этих технологий эффективно в том случае, если рабочее давление превышает нормы в нормальных стационарных условиях.

При необходимости, применение средств защиты от превышения давления – защитной трубопроводной арматуры – способно предотвратить возможное превышение допустимых пределов, указанных в пункте 6.3.2.1.

#### **5.5 Требования к эксплуатации и техническому обслуживанию**

Требования к эксплуатации и техническому обслуживанию должны быть оформлены в виде документов, которые послужат основой для инженерного проектирования и установления порядка эксплуатации и технического обслуживания.

Выделяют следующие аспекты, требующие выполнения определённых требований:

- требование идентификации трубопровода, его составляющих, а также жидкости или газа для перегонки;
- принципы контроля всей системы, включая расчёт количества персонала и контрольно-измерительной аппаратуры;
- местоположение и иерархия центров контроля;
- речевая связь и обмен данными;
- защита от коррозии;
- диагностический контроль технического состояния;
- обнаружение утечки;
- внутренняя очистка трубопровода скребками;
- доступность, деление на секции и изоляция для эксплуатации, технического обслуживания и замены;
- границы раздела с напорными и всасывающими линиями;
- аварийная остановка;
- разгерметизация вентиляцией и/или дренированием;
- приостановка и возобновление работы;
- требования, определённые по результатам гидравлического анализа.

## 5.6 Общественная безопасность и защита окружающей среды

В данном случае, национальные требования, предъявляемые каждым государством в отдельности, превосходят по значимости требования данного международного стандарта. Следовательно, там, где отсутствуют специфические национальные требования к обеспечению общественной безопасности и охране окружающей среды, в силу автоматически вступают положения данного международного стандарта.

Системы наземного трубопроводного транспорта для перегонки текучей среды категорий D и E должны соответствовать требованиям безопасности, дополнения В, в том случае, если требования к защите окружающей среды и охране общественной безопасности не оговорены в законодательстве страны, на территории которой проходит данный трубопровод.

## 6 Проектирование трубопровода

### 6.1 Принципы проектирования

Проектно-конструкторская работа над созданием системы трубопровода должна быть нацелена на обеспечение требуемой данным международным стандартом целостности и эксплуатационной надёжности будущего трубопровода, а также продемонстрировать способность системы сохранять вышеназванные характеристики на протяжении всего расчетного срока своей службы.

Представительные расчётные величины нагрузок и нагрузочного сопротивления определяются исходя из накопленного опыта инженерного проектирования. Методика анализа базируется на аналитической, эмпирической и числовой моделях или же комбинации всех трёх методов.

Применение принципов методики расчёта по предельным нагрузкам должно выявить все возможные границы эксплуатационной надёжности системы.

Все источники неопределённости в отношении нагрузок или нагрузочного сопротивления должны быть учтены и адекватно охарактеризованы и подтверждены соответствующими точными статистическими данными.

Методика расчёта по предельным нагрузкам не является полноценной заменой требования пункта 6.4.2.2 при расчёте максимально допустимого окружного напряжения, вызванного давлением текучей среды.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** пограничные состояния системы, подвергающейся предельным нагрузкам, обычно связаны с потерей структурной целостности, т.е. разрывом, изломом, усталостью или разрушением. Следовательно, превышение эксплуатационных возможностей трубопровода влечёт за собой нарушение в его работе.

## 6.2 Выбор трассы

### 6.2.1 Расчёты

#### 6.2.1.1 Общие положения

При выборе маршрута следует учитывать особенности проектирования, сооружения, эксплуатации, технического обслуживания и ликвидации трубопровода, которые должны проводиться в соответствии с требованиями данного международного стандарта.

Для того чтобы в дальнейшем свести к минимуму необходимость корректировки и ограничения, в процессе выбора маршрута в расчёт также необходимо принять запланированное градостроительство и промышленное развитие.

При выборе трассы необходимо учитывать ниже указанные ключевые факторы:

- общественная безопасность, равно как и безопасность обслуживающего персонала;
- защита окружающей среды;
- наличие других установок и объектов;
- деятельность третьих лиц;
- геотехнические, гидрографические и коррозионные параметры;
- требования к сооружению, эксплуатации, техническому обслуживанию и поддержанию технологической дисциплины;
- требования государства и/или местных властей;
- будущие поисково-разведочные работы.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** дополнение А служит руководством по планированию трассы. Дополнение D демонстрирует примеры тех факторов, которые нельзя обойти вниманием при выполнении расчётов, указанных в пунктах 6.2.1 – 6.2.1.7.

#### 6.2.1.2 Общественная безопасность

Трубопровод для перегонки текучей среды категорий В,С, D и E не должен пролегать через застроенные участки, а также зоны повышенной активности людей.

Оценка безопасности должна даваться в соответствии с требованиями дополнения А, предъявляемыми к следующим видам трубопроводов:

- линии трубопроводов для перегонки текучей среды категории D, расположенные в местах скопления многочисленных застроек, интенсивного движения транспорта или подземных служб;
- линии трубопроводов для перегонки текучей среды категории E.

### 6.2.1.3 Окружающая среда

Оценка влияния на окружающую среду должна учитывать следующий необходимый минимум:

- временные работы, связанные с сооружением, ремонтом и модификацией;
- долгосрочное существование трубопровода;
- потенциальная утечка флюида.

### 6.2.1.4 Другие установки

Наличие установок вдоль трассы трубопровода, может оказать негативное влияние на его работу. Подобный риск должен быть тщательно проанализирован в совместном обсуждении с лицами, ответственными за постороннее оборудование.

### 6.2.1.5 Деятельность третьих лиц

Влияние деятельности третьих лиц, проводимой в непосредственной близости от трубопровода, должно быть оценено в совместном обсуждении с инициаторами этой деятельности.

### 6.2.1.6 Геотехнические, гидрографические и метеорологические условия

Необходимо принять меры по смягчению неблагоприятных геотехнических и гидрографических условий. Арктические условия заставляют учитывать также и метеорологические параметры.

### 6.2.1.7 Сооружение, испытание, эксплуатация и техническое обслуживание

Неотъемлемым условием сооружения, испытания, эксплуатации и технического обслуживания является наличие свободного доступа, а также надлежащей ширины захвата. В расчёт следует принять наличие установок, обслуживающих сооружение и эксплуатацию трубопровода.

## 6.2.2 Съёмка – Наземный трубопровод

Целью маршрутной и почвенной съёмок является определение соответствующих географических, геологических, геотехнических, коррозионных, топографических, а также связанных с охраной окружающей среды особенностей и наличия других линий трубопроводов, кабелей и разного рода барьеров и препятствий, которые оказывают огромное влияние на выбор трассы.

## 6.2.3 Съёмка – Морской трубопровод

Маршрутная и почвенная съёмки служат для определения точного местонахождения ниже указанных важных факторов:

- геологические особенности, а также опасности, обусловленные естественными причинами;
- другие линии трубопроводов, а также кабели и устьевые отверстия скважины;
- барьеры в виде шахт, обломков пород, разрушений;
- геотехнические свойства.

В целях проектирования и сооружения трубопровода необходимо собрать метеорологические и океанографические данные. Основным интересом представляет следующая информация:

- результаты измерения глубины моря;
- ветры;
- приливы и отливы;
- волны;
- течения;
- атмосферные условия;
- гидрологические условия (температура, содержание кислорода, водородный показатель, удельное сопротивление, биологическая активность, солёность);
- морские организмы;
- аккумуляция почвы и эрозия.

## **6.3 Нагрузки**

### **6.3.1 Общие положения**

В процессе проектирования следует выявить величину той нагрузки, прикладывание которой повлечёт за собой нарушения в работе трубопровода и станет причиной потери его эксплуатационной надёжности.

В процессе проектирования прочности выделяют следующие виды нагрузок:

- функциональные; или
- нагрузка на окружающую среду; или
- нагрузка на строительный объект; или
- случайная нагрузка.

### **6.3.2 Функциональные нагрузки**

#### **6.3.2.1 Классификация**

Нагрузки, возникающие при использовании системы трубопровода по назначению, равно как и остаточные нагрузки из других источников следует классифицировать как функциональные.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** примером функциональной нагрузки от использования системы по назначению, являются собственный вес трубопровода, включая детали и жидкость или газ. Кроме того, к функциональным нагрузкам допустимо причислить сжимающее усилие и температурное напряжение. Выделяются следующие виды функциональных нагрузок из других источников: создание предварительного напряжения, остаточное напряжение при пуско-наладочных работах, почвенный покров, внешнее гидростатическое давление, морские организмы, оседание почвы, пучение грунта, растепление мёрзлых пород, продолжительные нагрузки от обледенения. Примерами функциональных нагрузок также являются реакции опоры, вызванные функциональными нагрузками, нагрузки от устойчивого смещения, вращение опор или ударная нагрузка от смены направления потока.

### 6.3.2.2 Внутренне расчётное давление

Внутреннее расчётное давление в любой точке системы трубопровода должно быть выше максимально допустимого рабочего давления (МАОР) или же равно ему. Гидростатическое давление флюида следует отнести к группе стационарных давлений.

Случайное давление сверх МАОР в транспортном положении допускается лишь в том случае, если его частота и длительность ограничены, а так же если оно превышает максимально допустимое рабочее давление не более чем на 10 %.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** примерами случайного давления являются скачки давления, сбой в работе оборудования для контроля давления, или кумулятивное давление, возникающее во время активации устройств защиты от избыточного давления.

Давление, вызванное подогревом заблокированной статической текучей среды, также является случайным, но при условии, что задержка или блокировка текучей среды не является регулярно выполняемой операцией.

### 6.3.2.3 Температура

Амплитуда температур текучей среды в нормальном режиме работы и предполагаемые условия продувки должны приниматься в расчёт при определении температурных нагрузок.

## 6.3.3 Нагрузки на окружающую среду

### 6.3.3.1 Классификация

Нагрузки под воздействием окружающей среды классифицируются соответствующим образом, за исключением тех случаев, когда они рассматриваются как функциональные (см. 6.3.2) или редко встречающиеся случайные (см. 6.3.5).

Примеры: нагрузки от волн, течений, приливов, отливов, снегопада, обледенения, землетрясения, движения транспорта, рыболовецкого промысла, горных работ. Кроме того, примерами нагрузок, обусловленных влиянием окружающей среды, являются нагрузки от вибраций оборудования и смещения, вызванного конструкциями, расположенными на земле или на дне моря.

### 6.3.3.2 Гидродинамическая нагрузка

Расчёт гидродинамической нагрузки производится на этапе временного проектирования, соответствующим стадиям сооружения и эксплуатации. Возвратный период стадии проектирования устанавливается исходя из планируемой длительности процесса сооружения, времени года и последовательности нагрузок, связанной с продлением и превышением периода временного проектирования. Этап временного проектирования по длительности должен составлять три расчётных срока службы системы трубопровода или 100 лет.

Вероятность изменения величины и направления сильных ветров, а также волн и течений должна учитываться при определении гидродинамических нагрузок.

Эффект увеличения области, подвергающейся воздействию морских организмов или обледенению, также должен быть принят в расчёт. Вихревое сбрасывание нагрузки рассчитывается для воздушных переходов и погруженных порталных секций трубопровода.

### **6.3.3.3 Землетрясения**

Необходимо учитывать следующие факторы:

- направление, величина и скорость смещений;
- гибкость системы, позволяющая адаптироваться к изменениям, вызванным смещением;
- механические свойства хомута для труб в условиях рабочего давления;
- ослабление напряжения, возникающего во время смещения под влиянием свойств грунта в подземных переходах, равно как и подавление напряжения, обусловленного инерционным эффектом в случае неисправности наземных пересечений.
- наведённый эффект (оживление, оползни, обвалы);
- уменьшение выхода на окружающую территорию жидкости или газа, которые содержатся в трубопроводе;

### **6.3.3.4 Нагрузки, созданные грунтом и льдом**

При расчёте песчаной нагрузки стоит принять во внимание ниже указанные факторы:

- Смещение песчаной дюны;
- Наступление песчаного фронта;

Ледяные нагрузки рассчитываются исходя из следующих факторов:

- Наличие застывшего льда на трубах и опорных конструкциях;
- Очистка днища ото льда;
- Дрейфующий лёд;
- Нагрузка от тающего льда;
- Сила ледяной экспансии;
- Высокие гидродинамические нагрузки по причине увеличения незащищённой площади;
- Наслоение эффекта вихревого сбрасывания нагрузки на вибрацию;

### **6.3.3.5 Движение дорожного и железнодорожного транспорта**

Максимальная подвижная осевая нагрузка и частота определяются по итогам консультации с лицами, ответственными за управление дорожным движением. Кроме того, следует принять во внимание существующее на сегодняшний день и ожидаемое развитие торговли, промышленности и градостроительство.

### 6.3.3.6 Рыбная ловля

Для определения нагрузок и частоты используется рыболовецкая техника;

### 6.3.3.7 Горные работы

Следует учитывать нагрузки от вибрации почвы в условиях применения взрывчатых веществ. Нагрузки от оседания породы в условиях горных работ классифицируются как функциональные.

## 6.3.4 Нагрузка на строительный объект

Нагрузки, прикладываемые к трубопроводу во время пуско-наладочных работ и испытания под давлением, классифицируются как нагрузки на строительный объект. При необходимости можно рассчитать динамические характеристики монтажных приспособлений.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в работы по установке входит транспортировка, погрузо-разгрузочные работы, сооружение и испытание. Нагрузка на строительный объект вызывается также увеличением внешнего давления во время цементирования трещин, или субатмосферного внутреннего давления по время вакуумной сушки или дренирования. Динамический эффект движений плавучих средств для прокладки трубопровода также причисляется к нагрузкам на строительный объект, расчёт которых необходим для морского трубопровода.

### 6.3.5 Случайные нагрузки

Незапланированные нагрузки на трубопровод классифицируются как случайные. В проект трубопровода закладывается вероятность возникновения случайной нагрузки и её последствия.

Примеры: нагрузки по причине пожаров, взрывов, неожиданной декомпрессии, падением объектов, нестационарными условиями в период оползней, влияния оборудования типа экскаваторов или корабельных якорей, применяемого третьими лицами; потери мощности строительного оборудования, столкновений.

### 6.3.6 Комбинирование нагрузок

При расчёте эквивалентного напряжения следует учесть вероятность одновременного возникновения самой неблагоприятной комбинации нагрузок всех трёх видов, то есть случайной нагрузки, нагрузки на строительный объект и нагрузки на окружающую среду.

Если принцип действия предполагает прекращение операций в случае неблагоприятных условий окружающей среды, допустимо применение ниже указанной комбинации нагрузок:

- Расчётная нагрузка на окружающую среду плюс уменьшенная соответствующим образом функциональная нагрузка;
- Функциональная расчётная нагрузка плюс совпадающая с ней максимальная нагрузка на окружающую среду.

Нет необходимости в расчёте комбинации случайных нагрузок, а также комбинации случайной нагрузки с расчётной нагрузкой на окружающую среду, если только здравый смысл не указывает на вероятность возникновения такого рода комбинации в будущей практике.

## 6.4 Требования к прочности

### 6.4.1 Расчёт напряжения

#### 6.4.1.1 Растягивающее напряжение от центробежных сил по причине давления, оказываемого жидкостью

Касательное напряжение по окружности, обусловленное исключительно давлением текучей среды (окружное напряжение), рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_{hp} = (p_{id} - p_{od}) \cdot \frac{(D_o - t_{min})}{2 t_{min}}$$

где

- $\sigma_{hp}$  - это касательное напряжение на окружности вследствие давления жидкости;
- $p_{id}$  - это внутренне расчётное давление;
- $p_{od}$  - это минимальное внешнее гидростатическое давление;
- $D_o$  - это номинальный наружный диаметр;
- $t_{min}$  - это определённая минимальная толщина стенки;

**ПРИМЕЧАНИЕ:** определённая минимальная толщина стенки - это номинальная толщина стенки минус допуск на изготовление согласно соответствующим техническим условиям и допуск на коррозию. Что касается армированных и футерованных трубопроводов (см. 8.2.3), то прочность футеровки и покрытия, в целом, не учитывается.

#### 6.4.1.2 Другие виды напряжения

Касательное напряжение на окружности, напряжение при сдвиге и эквивалентное напряжение – все эти виды напряжения рассчитываются с учётом релевантных функциональных нагрузок, нагрузок на строительный объект и на окружающую среду. Случайные нагрузки рассчитываются так, как указано в пункте 6.3.5. Большое значение имеют абсолютно все детали трубопровода, включая ограничители подобно опорам, ориентирам и трению. Сразу после того, как будет выполнен расчёт гибкости, можно приступить к расчёту линейных и угловых движений оборудования, присоединяющего к себе трубопровод.

При расчётах следует обратить особое внимание на гибкость и коэффициент концентрации напряжения деталей, нежели гладкой прямой трубы. Допустимо принять в расчёт сверхгибкость деталей.

Расчёт гибкости выполняется на основании номинальных размеров и модуля упругости при соответствующей температуре (температурах).

Эквивалентное напряжение вычисляется по уравнению Мизеса:

$$\sigma_{eq} = \left( \sigma_h^2 + \sigma_l^2 - \sigma_h \sigma_l + 3\tau^2 \right)^{1/2}$$

где

- $\sigma_{eq}$  — это эквивалентное напряжение;
- $\sigma_h$  — это касательное напряжение на окружности;
- $\sigma_l$  — это продольное напряжение;
- $\tau$  — это напряжение при сдвиге;

Эквивалентное напряжение базируются на номинальных значениях диаметра и толщины стенки. Там, где радиальное напряжение не играет особой роли, им можно пренебречь.

## 6.4.2 Критерий прочности

### 6.4.2.1 Общие положения

Проектирование трубопровода производится с учётом следующих возможных повреждений и деформаций:

- чрезмерная податливость;
- продольный изгиб;
- усталость;
- излишняя овальность.

### 6.4.2.2 Текучесть

Максимальное окружное напряжение под давлением жидкости не должно превышать:

$$\sigma_{hp} \leq F_h \cdot \sigma_y$$

где

- $F_h$  — это расчётный коэффициент окружного напряжения из таблицы 1 для наземного трубопровода и таблицы 2 для морского трубопровода;
- $\sigma_y$  — это определённый минимальный предел текучести при максимальной расчетной температуре;

ПРИМЕЧАНИЕ:  $\sigma_y$  должно быть задокументировано для расчётной температуры свыше 50° С согласно пункту 8.1.7.

**Таблица 1 – Расчётные коэффициенты окружного напряжения  $F_h$  для наземных трубопроводов**

Местоположение	$F_h$
Общая трасса <sup>a</sup>	0,77
Пересечения и параллельные линии наступления <sup>b</sup>	
– второстепенные дороги	0,77
– главные дороги, железнодорожные пути, каналы, реки, обвалованные заграждения от наводнения и озёра	0,67
Уловители скребков для чистки труб и многотрубные ловушки для конденсата	0,67
Станции и перевалочные базы	0,67
Специальные конструкции типа сборных агрегатов и трубопроводных мостов	0,67
Расчётные коэффициенты окружного напряжения из таблицы В.2 действительны для трубопроводов категорий D и E, проектируемых по принципам, изложенным в дополнении В. Эти расчётные коэффициенты применимы к трубопроводам, подвергавшимся опрессовке водой. Опрессовка труб воздухом может потребовать использование более низких расчётных коэффициентов.	
<sup>a</sup> Расчётный коэффициент окружного напряжения может быть увеличен до 0,83, если транспортировка флюида категории C и D проходит через малонаселённую местность (пустыню или тундру) или производится на территории, не отмеченной активной деятельностью человека.	
<sup>b</sup> Пункт 6.9 содержит описание пересечение и линий наступления.	

**Таблица 2 – Расчётные коэффициенты окружного напряжения  $F_h$  для морских трубопроводов**

Местоположение	$F_h$
Общая трасса <sup>a</sup>	0,77
Морские пути, зоны анкеровки, входы в гавань	0,77
Подходы к берегу	0,67
Уловители скребков для очистки и многотрубные ловушки для конденсата	0,67
Стояки и станции на трубопроводе	0,67
<sup>a</sup> Расчётный коэффициент окружного если транспортировки флюида категории C и D.	

Максимальное эквивалентное напряжение не должно превышать

$$\sigma_{eq} \leq F_{eq} \cdot \sigma_y$$

где

$F_{eq}$  – это расчётный коэффициент эквивалентного напряжения из таблицы 3.

Таблица 3 – Расчётные коэффициенты эквивалентного напряжения  $F_{eq}$ 

Комбинация нагрузок	$F_{eq}$
Нагрузка на строительный объект и на окружающую среду и на строительный объект	1,00
Функциональная нагрузка и нагрузка на окружающую среду	0,90
Функциональная нагрузка, нагрузка на окружающую среду и на строительный объект	1,00

Критерий эквивалентного напряжения может быть заменён критерием допустимого напряжения, если:

- Осуществляется контроль изменения конфигурации трубопровода под воздействием вынужденной деформации или смещения;
- Ограничение величины геометрического параметра устанавливает предел возможному смещению трубопровода ещё до того, как допустимое напряжение будет превышено.

Применение в сооружении критерия допустимого напряжения позволяет определить допустимое изгибание и выпрямление, связанное с такими технологиями, как обкатка в валках, подъём J-образной трубы, установка гибкой вертикальной трубы с навёртывающимся башмаком и т.д.

Критерий допустимого напряжения применим к действующему трубопроводу в следующих ситуациях:

- деформация трубопровода как следствие предсказуемого нециклического смещения опор, основания или морского дна, например, движение дефектов вдоль трубопровода или неравномерная осадка;
- Нециклические деформации, при которых опора обеспечивается до момента превышения допустимого напряжения. Например, в случае, если морской трубопровод практически не поддерживается опорами и провисает до морского дна;
- Циклические функциональные нагрузки, но при условии, если пластическая деформация возникает в момент прикладывания к трубопроводу “наихудшей” комбинации функциональных нагрузок, а не в период последовательного циклического изменения этих нагрузок.

Допустимое напряжение определяется исходя из трещиностойкости материала, наличия дефектов сварки и предыдущей деформации. Существует вероятность локализации напряжения в изгибах замкнутой в бетон труб, что также необходимо учитывать при определении напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ: BS 7910 содержит руководство по определению допустимого уровня механического напряжения.

### 6.4.2.3 Прогибание

Выделяются следующие формы потери устойчивости при изгибе:

- локальный изгиб трубопровода от внешнего давления, осевого напряжения или компрессии, скручивания, равно как и комбинации вышеуказанных типов;
- распространение изгиба;
- ограниченное прогибание трубопровода под воздействием сил осевого сжатия и при высоких рабочих температурах и давлении.

ПРИМЕЧАНИЕ: ограниченная потеря устойчивости трубы может принять форму змеевидного горизонтального изгиба у незаглубленного трубопровода или же форму вертикального вспучивания – у заглубленного или уложенного в траншею трубопровода.

### 6.4.2.4 Усталость

Необходимо подвергнуть испытанию на выносливость те секции и составные части трубопровода, которые могут испытать усталость при циклическом нагружении. Испытания проводятся в следующих целях:

- доказать невозможность возникновения усталостной трещины;
- определить требования к проверке на прочность;

Анализ усталости включает прогноз относительно циклической нагрузки во время сооружения и эксплуатации трубопровода, равно как и предполагаемом преобразовании циклических нагрузок в номинальные циклы напряжений.

При выявлении сопротивления на усталость необходимо учитывать такие факторы, как среднее напряжение в усталостном цикле, внутренний режим, внешняя среда, предварительная пластическая деформация, интенсивность циклического нагружения.

Определение сопротивления усталости может основываться на данных диаграммы зависимости напряжения от числа циклов или же результатах оценки усталостной долговечности.

На выбор коэффициента безопасности влияет присущая неточность прогноза, касающегося усталостной прочности, а также наличие доступа к объекту с целью проверки на предмет наличия усталостного разрушения. Обнаружение факторов, являющихся причиной усталости, служит сигналом к принятию мер по предотвращению возможного усталостного разрушения.

### 6.4.2.5 Овальность

Овальность или отклонение от формы окружности может стать причиной вспучивания или помехой для внутренней чистки труб скребками. Овальность следует избегать.

## 6.5 Устойчивость

Проект должен полностью исключать вероятность горизонтальных и вертикальных движений трубопровода. Следует предусмотреть достаточную гибкость, позволяющую осуществлять предсказуемые и допустимые движения в рамках критерия прочности, указанного в этом международном стандарте.

При расчёте устойчивости необходимо учитывать следующие факторы:

- гидродинамическая и ветровая нагрузка;
- усилия осевого сжатия при изгибах трубопровода и горизонтальные усилия в патрубках;
- поперечный изгиб от нагрузки осевым сжатием, прикладываемой к трубопроводу;
- местная и общая эрозия;
- геотехнические параметры, включая подвижность грунта под влиянием сейсмической активности; обрушение откоса, пучение при замерзании, таяние многолетнемерзлых пород, уровень подземных вод;
- строительная технология;
- техника рытья траншеи и засыпки.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** средствами, повышающими устойчивость морского трубопровода, служат масса труб, обшивка, рытьё траншеи, погребение (включая самопогребение), сбрасывание камней, анкеровка, установка хомутовых опор или тьюфяков.

## 6.6 Пролёт трубопровода

Пролёты трубопровода должны быть взяты под контроль с целью обеспечения соответствия критерию прочности 6.4.2.

Следует обратить внимание на ниже указанные факторы:

- опоры;
- взаимодействие со смежными пролётами;
- вибрации от ветра, течения или волн;
- осевое усилие в трубопроводе;
- аккреция почвы и эрозия;
- деятельность третьих лиц;
- свойства грунта.

## 6.7 Требования к испытанию под давлением

### 6.7.1 Общие положения

Испытание трубопровода под давлением проводится после установки, но перед вводом в действие. В ходе данного испытания демонстрируется прочность и герметичность трубопровода. Сборные узлы и соединения двух нитей трубопровода могут быть испытаны перед установкой. Следует обеспечить условия для сохранения их целостности во время укладки трубопровода.

В требованиях к испытанию под давлением указана необходимая толщина стенки трубопровода и/или марка стали, подходящие для территории со значительными возвышенностями.

### 6.7.2 Контрольная среда

Рекомендуется проводить опрессовку водой (включая ингибированную воду), за исключением тех случаев, когда низкая температура окружающей среды становится препятствием для опрессовки водой, а также когда отсутствует достаточное количество воды необходимого качества или невозможно отвести отработанную воду или само испытание представляется нецелесообразным или загрязнение воды недопустимо. Пневматические испытания, там, где это необходимо, проводятся посредством воздуха или нетоксичного газа.

ПРИМЕЧАНИЕ: изменение маршрута коротких участков действующего трубопровода или его коротких соединённых секций является примером ситуации, когда опрессовка водой не является целесообразной.

### 6.7.3 Уровни, выраженные в единицах давления, и длительность испытаний

После стабилизации температуры и скачущего давления можно приступить к испытанию системы на прочность. Продолжительность испытания составляет 1 час. В период испытаний давление должно быть, по меньшей мере,

- 1,1 x МАОР (Максимально допустимое рабочее давление в наземном трубопроводе); и
- 1,25 x (МАОР минус внешнее гидростатическое давление в морском трубопроводе).

Если это целесообразно, давление можно увеличить, применяя следующие пропорции:

- коэффициент  $\sigma_y$  при температуре испытания, делённый на сниженное значение  $\sigma_y$  при расчётной температуре в случае, если минимальный условный предел текучести  $\sigma_y$  при расчётной температуре имеет более низкие показатели, чем при температуре испытания;
- $t_{min}$  плюс допуск на коррозию, делённые на  $t_{min}$  при наличии допуска на коррозию;

При испытании на прочность, давление в трубопроводе категории С и D для транспортировки текучей среды через малонаселенную местность и территорию с непостоянной деятельностью человека, может быть сокращено до 1,20 x МАОР, при условии, если максимальное случайное давление не превышает 1,05 x МАОР.

После успешно завершённого испытания на прочность необходимо провести как минимум 8-часовое испытание трубопровода на плотность соединений труб. В течение всего испытательного периода давление в любой точке трубопровода должно быть максимально приближено к следующим показателям:

- 1,1 x МАОР (для наземного трубопровода);
- 1,1 x (МАОР минус внешнее гидростатическое давление ) для морского трубопровода.

Объединённое испытание на прочность и на плотность соединений можно проводить в течение 8 часов, ориентируясь на показатели давления при испытании на прочность.

Требования соблюдения минимальной продолжительности испытания на плотность не следует предъявлять к тем системам трубопроводного транспорта, свободный доступ к которым позволяет осуществить визуальный осмотр.

При этом необходимо учитывать следующее условие: трубопровод подвергается осмотру сразу после 2-часового периода выдержки при давлении, которое требуется для испытания на плотность соединений. Дополнительные критерии испытания, отмеченные в пункте В.6, применимы к трубопроводу категории D и E (дополнение В).

### 6.7.4 Критерий приёмки

Изменения давления во время испытания на прочность допускаются лишь в том случае, если по результатам вычислений будет доказана зависимость этих изменений от любых других факторов, никак не связанных с утечкой.

Увеличение и уменьшение давления во время испытания на герметичность допускаются лишь в том случае, если по результатам вычислений будет доказана их зависимость от изменений температуры окружающей среды или внешнего давления. В случае морского трубопровода примерами являются изменения под влиянием приливов.

Трубопровод, характеристики которого не удовлетворяют данным требованиям, должен быть направлен в ремонт или подвергнут дополнительному (повторному) испытанию в соответствии с положениями данного международного стандарта.

## 6.8 Другая деятельность

### 6.8.1 Деятельность третьих лиц

Определение требований к защите трубопровода требует определения следующих факторов:

- повреждение трубопровода как фактор, оказывающий влияние на окружающую среду и здоровье населения;
- последствия вмешательства третьих лиц;
- требования каждого отдельного государства к охране здоровья и защите окружающей среды.

Примеры: деятельность третьих лиц, влияющая на работу наземного трубопровода, включая движение транспорта, культивацию почв, дренирование, строительство зданий, шоссейные работы, железнодорожные работы, работы на водных путях, а также военные учения. В случае морского трубопровода большое значение приобретает установка самоподъёмных оснований, движение якорей и якорных цепей, зазубренные кабели и составные шланги, падение объектов возле установок, движение судов вблизи от стоянков, активный лов рыбы в период установки стоянков, военные учения.

Там, где это необходимо, требования по защите предъявляются как часть оценки безопасности (см. 6.2.1).

Примеры: средствами защиты системы трубопровода являются покров, повышенная толщина стенки (утолщённая стенка), маркеры и маркерные ленты, механическая защита, контролируемый доступ к трассе трубопровода или совокупность всех вышеперечисленных средств. Возможные средства защиты морского трубопровода представляют собой рытвё траншеи и засыпка, сброс камней, покрытие тьюфяками или другими защитными конструкциями, защита вертикальной трубы.

## 6.8.2 Покров трубопровода

### 6.8.2.1 Наземный трубопровод

Укладка погребённого наземного трубопровода производится при глубине покрова не ниже значения, приведённого в таблице 4.

Таблица 4 – Минимальная глубина покрова наземного трубопровода

Местоположение	Глубина покрова m
Территории с ограниченной человеческой деятельностью	0,8
Садоводство или огородничество <sup>a</sup>	0,8
Каналы, реки <sup>b</sup>	1,2
Шоссе и железные дороги <sup>c</sup>	1,2
Жилые районы, производственные и торговые площади	1,2
Скальный грунт	0,5
Глубина покрова отмеряется от самого нижнего уровня поверхности земли до верхней точки трубы, включая защитное покрытие и все крепления. Дополнительных расчётов требует создание покрова в местах пучения грунта.	
<sup>a</sup> Покров должен быть не меньше, чем нормальная глубина культивации.	
<sup>b</sup> Отмеряется от самой низшей точки предполагаемого дна.	
<sup>c</sup> Отмеряется от самого дна дренажной канавы.	
<sup>d</sup> Вершина трубы должна быть по меньшей мере на 0,15 m ниже поверхности породы.	

Укладка трубопровода может быть произведена и при меньшей толщине покрывающих пород. Следует помнить, что применение каких-либо других технологий должно обеспечивать равнозначный максимум эффективности защиты.

При создании альтернативных методов защиты учитываются следующие данные:

- препятствия, чинимые другим пользователям данной территории;
- устойчивость и осадка грунта;
- устойчивость трубопровода;
- катодная защита;
- расширение трубопровода;
- доступность для технического обслуживания.

### **6.8.2.2 Морской трубопровод**

Следует произвести укладку в траншею, погребение, а также обеспечить защиту в случае вероятного повреждения трубопровода извне и нарушения его целостности, и по возможности предотвратить негативное влияние деятельности третьих лиц.

Деятельность других пользователей данной территории может быть приостановлена или ограничена только в результате взаимной договорённости, достигнутой с инициаторами этой деятельности.

Конструкции для защиты морского трубопровода должны иметь гладкую поверхность – это будет способствовать минимизации риска зазубривания или повреждения от тросового анкера или рыболовного орудия. Достаточный зазор между конструкциями и самой системой трубопроводов обеспечивает доступность там, где это необходимо, и способствует расширению трубопровода в дальнейшем, а также осадке оснований конструкции.

## **6.9. Пересечения и наступления**

### **6.9.1 Консультации с авторитетными лицами**

Расчётные нагрузки, частота, строительные технологии, требования к защите переходов устанавливаются после предварительной консультации со специалистами.

### **6.9.2 Дороги**

Применение такого расчётного параметра, как окружное напряжение, требует классифицировать все дороги как главные и второстепенные.

Автострады и магистральные дороги – главные дороги, частные дороги – второстепенные, даже если по ним проезжают автомобили большой грузоподъёмности.

Расчётный коэффициент окружного напряжения (таблица 1), равно как требования к толщине покрытия, указанные в таблице 4, должен применяться к границе дорожной полосы отвода. Если такая граница не определена, то к расстоянию 10 м от края твёрдого покрытия главных дорог и 5 м – второстепенных дорог.

Трасса трубопровода, расположенная параллельно шоссе, должна пролегать вне границы полосы отвода.

### 6.9.3 Железные дороги

Расчётный коэффициент окружного напряжения из таблицы 1 и требования к толщине покрова из таблицы 4 применимы к расстоянию 5 м сверх границы железной дороги или, если такая граница не определена, к расстоянию 10 м от рельсов. Трасса трубопровода, расположенная параллельно железной дороге, должна пролегать вне границы преимущественного проезда.

Вертикальное эшелонирование между вершиной трубы и головкой рельса должно быть как минимум 1,4 м при открытом переходе или 1,8 м при тоннельном переходе.

### 6.9.4 Водные пути и подходы к берегу

Пересечение рек, каналов, судоходных каналов, озёр и подходов к берегу при прокладке трубопровода требует принятия специальных мер по защите трубопровода. Меры эти должны быть согласованы с лицами, ответственными за водное хозяйство. Пересечение заграждений от наводнений требует принятия дополнительных мер по предотвращению наводнения и смягчению возможных неблагоприятных последствий.

Прежде чем предъявлять требования к защите, следует определить потенциал таких разрушений, как повреждение от корабельного якоря, водная эрозия, приливы, осадка грунта, предстоящие дноуглубительные работы, расширение и углубление канала или реки.

### 6.9.5 Пересечение трубопровода/каната

Необходимо предотвратить физический контакт новым и старым трубопроводом и канатами. Чтобы не допустить подобный контакт в период расчётного срока службы, необходимо применить такие средства перманентного разделения, как защитные тьюфяки и т.д.

Скрещивание должно быть под углом 90°.

### 6.9.6 Мостовые пересечения трубопровода

Эстакады для трубопровода могут заменить погребённые пересечения. Эстакады для трубопроводов проектируются в соответствии со строительными конструкторскими стандартами. Достаточный просвет позволяет избежать повреждения от движения транспорта и обеспечивает доступность для технического обслуживания. Необходимо просчитать возможное взаимодействие катодной защиты и поддерживающей мостовой конструкцией. Ограничение доступа посторонних лиц к эстакадам является обязательным.

### 6.9.7 Муфтовые пересечения

Муфтовые пересечения необходимо избегать насколько это возможно.

ПРИМЕЧАНИЕ: API RP 1102 содержит руководство по проектированию муфтовых скрещиваний.

## 6.10 Неблагоприятные условия – грунт и морское дно

Следует принять меры по защите трубопровода от повреждения, возникающего вследствие неблагоприятных условий грунта и морского дна.

ПРИМЕРЫ: оползни, эрозия, оседание, неравномерная осадка, вспучивание, растепление многолетнемёрзлых пород, торфяники с высоким уровнем грунтовых вод, болота. Возможные способы защиты: утолщение стенки трубопровода, стабилизация грунта, меры по борьбе с эрозией, установка якорей, прогнозирование негативного эффекта плавучести, технический надзор и осмотр. Методика проведения технического надзора включает измерение сдвига грунта, смещения трубопровода и колебания давления.

Необходимо провести консультацию с местными властями, а также геологами, горными инженерами по следующим вопросам: общие геологические условия, Наличие площадей, подверженных оползням и грунтовой осадке; тоннелирование и возможные неблагоприятные условия земной поверхности.

## 6.11 Секционные стопорные клапаны

Секционные стопорные клапаны устанавливаются в начале и в конце трубопровода, где они задействуются в нижеуказанных целях:

- эксплуатация и техническое обслуживание;
- контроль аварийных ситуаций;
- ограничение потенциальных объёмов разлитой жидкости.

При размещении клапанов следует обратить внимание на топографию, доступность для технического обслуживания, включая требования к сбросу давления, безопасность и близость к жилым помещениям.

Местоположение стопорных секционных клапанов служит основанием для определения их рабочего режима.

## 6.12 Контроль целостности

Требования к контролю целостности определяются на этапе проектирования.

ПРИМЕЧАНИЕ: контроль включает слежение за коррозией, осмотр и обнаружение утечки.

## 6.13 Проектирование системы очистки труб скребками

Проектирование данного вида системы производится с учётом определённых требований. Дизайн трубопровода должен предусматривать размещение в нём приборов проверки состояния внутренней поверхности трубопровода.

При проектировании системы очистки трубопровода следует принять во внимание ниже перечисленные факторы:

- местоположение постоянных уловителей скребков или соединения для временных уловителей скребков;
- доступность;
- подъёмные приспособления;
- требования к изоляции при спуске и принятии скребков;
- требования к вентиляции и дренажу (для пуско-наладочных работ и во время эксплуатации);
- направления чистки;
- минимальный допустимый радиус наклона;
- расстояние между изгибами и фитингами;
- максимально допустимые изменения диаметра;
- требования к конусности при изменении внутреннего диаметра;
- проектирование присоединения ответвлений и совместимость материалов трубопровода;
- внешние фитинги;
- внутренне защитное покрытие;
- запуск скребков.

Способы обеспечения безопасности подъездного пути и смежных приспособлений определяются во время ориентировки уловителей для скребков.

## **6.14 Готовые элементы конструкции**

### **6.14.1 Приваренные соединительные патрубки**

Проектирование приваренных к стальной трубе соединительных патрубков производится в соответствии с проектно-конструкторскими стандартами. Окружное напряжение в соединительном патрубке не должно превышать окружное напряжение в прилегающей трубе.

Механические фитинги могут использоваться для проведения ремонтных работ во время эксплуатации трубопровода, но при условии, если они выдерживают расчётное давление или запроектированы на давление, превышающее расчётное.

### **6.14.2 Специальные сварные компоненты**

Проектирование специальных деталей основывается на солидной инженерной практике и производится в соответствии с данным международным стандартом. Если прочность компонентов не поддаётся вычислению в соответствии с рекомендациями этого международного стандарта, максимально допустимое давление устанавливается согласно требованиям ASME, раздел VIII, часть 1.

Все сборные элементы, за исключением сваренных встык фитингов, требующие использования листовых и продольных швов, должны быть спроектированы, изготовлены и испытаны в соответствии с требованиями данного международного стандарта. Следует воздержаться от использования шероховатых конических пробок, оправок и долота типа “рыбий хвост”.

Плоские купола проектируются согласно ASME, раздел VIII, часть 1.

Технология сварки и квалификация специалистов по сварке должны соответствовать требованиям ISO 13847.

Специальные компоненты должны выдерживать давление, равное давлению при испытании трубопровода на прочность. Элементы, вмонтированные в существующую систему трубопроводов, следует подвергнуть испытанию под давлением перед монтажом в соответствии с пунктом 6.7.

### **6.14.3 Выпускные трубы, изготовленные на прессах непрерывного выдавливания**

Проектируются согласно общеизвестным технологическим стандартам.

### **6.14.4 Уловителя скребков для чистки труб**

При определении размеров уловителей скребков следует учесть все предполагаемые операции по чистке труб скребками, включая, по возможности, проверку внутреннего состояния.

Проектирование как временных, так и постоянных уловителей осуществляется согласно указанного в таблице 1 и 2 расчётному коэффициенту окружного напряжения. В проектирование входит также такие детали, как вентиляционные и дренажные ответвления, выталкивание, арматура, хомутовые опоры для трубопровода. Купола проектируются согласно ASME, раздел VIII, часть 1.

Затворы должны проектироваться таким образом, чтобы они не открывались в то время, когда уловители находятся под давлением. С этой целью можно применить устройство взаимоблокировки главных клапанов.

Уловители скребков необходимо испытать под давлением согласно пункту 6.7.

### **6.14.4 Ловушки для конденсата**

#### **6.14.5.1 Ловушки для конденсата резервуарного типа**

Все ловушки для конденсата в виде резервуара проектируются и изготавливаются согласно ASME, раздел VIII, часть 1.

#### **6.14.5.2 Многоканальные ловушки для трубопровода**

Ловушки для конденсата, предназначенные для множества труб, проектируются согласно расчётному коэффициенту, указанному в таблице 1 и 2.

### **6.14.6 Сборные узлы**

Расчётный коэффициент растягивающего напряжения применим к проектированию всего сборного узла в целом, и охватывает, за исключением переходных концов труб, изгибов или колена, расстояние, по меньшей мере, 5 диаметров трубы или 3 м в любом направлении от самой последней детали.

## 6.15 Опоры или анкеры

Опорные конструкции, поддерживающие трубопровод и связанное с ним оборудование, предотвращают или ослабляют избыточные вибрации. Правильная анкеровка позволяет предотвратить чрезмерное нагружение оборудования. Ответвление, врезанное в наземный трубопровод, должно быть укреплено цементированной засыпкой или обеспечено соответствующей гибкостью.

В том случае, если для присоединения новых ответвлений наземного трубопровода в цементированной закладке проделываются отверстия, то только наличие твёрдого основания как у трубного коллектора, так и у ответвления позволяет избежать вертикальные и горизонтальные движения.

Подпорки и демпфирующие устройства, гасящие колебания, присоединяются к трубному хомуту с помощью полных круговых элементов.

Проектирование всех присоединений к трубопроводу осуществляется таким образом, чтобы дополнительные нагрузки на трубопровод сводились бы к минимуму. Требования к подбору состава и прочности сварки присоединений подчиняются общепризнанным строительным стандартам.

Опорные конструкции, крепления или анкеры нельзя приваривать непосредственно к трубопроводу, запроектированному на действие при окружном напряжении, составляющем 50% или более от SMYS (определённый минимальный предел текучести). Вместо этого, трубу можно закрепить полным круговым элементом.

Там, где необходимо обеспечить позитивную опору, подобную анкеру, присоединение приваривается к круговому элементу, а не к самой трубе. Труба подсоединяется круговому элементу сплошным кольцевым швом, а не прерывистым сварным швом.

Опоры, не приваренные к трубопроводу, не должны препятствовать получению доступа к проверке состояния трубопровода под опорными конструкциями.

Конструкция анкерных блоков, препятствующих осевому движению трубопровода, должен учитывать силу расширения трубопровода и трение трубопровода о почву.

Проектирование полного кругового элемента предполагает приложение к хомуту для труб комбинации функциональной и случайной нагрузки, равно как и нагрузки на строительный объект. Полный круговой элемент присоединяется с помощью зажимного приспособления или сплошных сварных швов.

Осевое усилие  $F$ , которое должен выдержать трубопровод, вычисляется по следующей формуле:

$$F = A[E\alpha(T_2 - T_1) - \nu\sigma_{np}]$$

где

$A$  – это площадь поперечного сечения стенки трубопровода;

$E$  – это модуль эластичности;

$\alpha$  – это линейный коэффициент теплового расширения;

$T_1$  – это температура монтажа;

$T_2$  – это максимальная или минимальная температура металла во время работы;

$\sigma_{hp}$  – это окружное напряжение от внутреннего давления, основанное на номинальной толщине стенки.

$\nu$  – это коэффициент поперечного сжатия.

При определении осевого усилия необходимо учитывать остаточные монтажные нагрузки.

## **6.16 Морские стояки**

Проектирование морских стояков является одной из наиболее ответственных задач, так как их нормальное функционирование в большой степени зависит от правильности установки. Кроме того, морские стояки испытывают на себе нагрузки со стороны окружающей среды и нуждаются в тщательном техническом надзоре и обслуживании. При проектировании особое внимание следует уделить ниже перечисленным факторам:

- зона периодического смачивания (нагрузки и коррозия);
- ограниченная возможность осмотра действующего стояка;
- вынужденные движения;
- усиление скорости от расстановки стояков;
- возможная осадка платформы;
- защита стояков с помощью опорных конструкций.

## **7 Проектирование станций и конечных станций**

### **7.1 Выбор места расположения**

На выбор местоположения наземных станций и перевалочных пунктов оказывают влияние следующие факторы:

- топография;
- условия грунта;
- доступность;
- сервис;
- требования к впускным и выпускным присоединениям (в трубопровод и из трубопровода);
- опасность, которую представляют деятельность третьих лиц по отношению к трубопроводу;
- общественная безопасность и защита окружающей среды;
- предполагаемое расширение.

Станции должны располагаться таким образом, чтобы сооружаемое на его месте оборудование не пострадало от пожаров, возникающих на прилегающих сооружениях, находящихся в чужой собственности и не подпадающих под контроль оператора трубопровода.

Расположение оборудования в пределах морского и наземного трубопровода является частью общего пересмотра схемы трубопровода с учётом результатов оценки безопасности. Необходимо минимизировать риск взрыва или пожара. В случае

возникновения подобной ситуации обслуживающий персонал должен быть немедленно эвакуирован.

### 7.2 Схема расположения

Открытое пространство вокруг станций и конечных станций является обязательным условием для свободного передвижения оборудования для борьбы с огнём и другого оборудования для экстремальных ситуаций.

Важную роль играют доступность и наличие достаточного просвета.

Схема расположения станций и конечных станций предусматривает минимизацию распространения пожара и его негативных последствий.

Площади в пределах станций и конечных станций, перекачивающие взрывчатые газовые смеси, классифицируются согласно IEC 60079-10; требования к установкам и оборудованию предъявляются соответственно.

Расстановка резервуаров – согласно NFPA 30.

Трассировка трубопровода проводится таким образом, чтобы избежать любой опасности, угрожающей обслуживающему персоналу. Важно обеспечить доступность трубопровода для технического осмотра и замены изношенного или повреждённого оборудования.

Сливные и дренажные линии должны достигать места безопасного выброса текучей среды. С особой осторожностью следует отнестись к размещению сливных и дренажных линий около обитаемых рабочих помещений морского трубопровода.

### 7.3 Охрана

Доступ к станциям находится под контролем. Станции обносятся заграждениями с запирающимися на замок воротами.

По периметру располагаются таблички со справочными данными по каждой станции и перевалочному пункту, включая номер телефона компании-производителя.

Требования к охране оборудования в пределах станций, перевалочных пунктов или установок предъявляются в совокупности с общими требованиями к работе станций и установок трубопровода.

### 7.4 Безопасность

Предупреждающие надписи указывают на наличие опасных, засекреченных или высоковольтных зон. Доступ в такие зоны контролируется.

В случае экстремальной ситуации ограждения не должны препятствовать эвакуации обслуживающего персонала. Запасные ворота открываются наружу. Когда рабочее помещение занято, ворота должны открываться изнутри без ключа. Обеспечивается беспрепятственный проход к безопасному месту на рабочей площадке главного насоса или компрессора, фундамента, мостка или платформы. Важно обеспечить также и удобный выход.

Необходимо обеспечить надёжные детекторы газа и пожара, равно как и оборудование для борьбы с пожарами. Требования к оборудованию данного типа, предназначенного для наземных станций, должны быть обговорены с местными властями.

Резервуары противопожарные насыпи и перегородки должны соответствовать требованиям NFPA 30.

Вентиляция используется в качестве защиты обслуживающего персонала от вредного воздействия взрывчатых или ядовитых жидкостей, паров или газов, которые в опасной концентрации накапливаются в отстойниках, котлованах, очагах в нормальном или ненормальном режиме (пробитая уплотнительная прокладка или манжета сальника). Опасная концентрация жидкостей обнаруживается при помощи соответствующего оборудования.

Транспортировка горячих или холодных продуктов проходит в условиях изоляции.

### 7.5 Окружающая среда

Безопасное для окружающей среды отведение сточных вод подчинено требованиям государства и местной власти.

### 7.6 Сооружения

Насосные и компрессорные станции, размещающие в своих пределах оборудование или линии трубопроводов, размеры которых превышают 60-миллиметровый внешний диаметр или оборудование для перегонки текучей среды категорий D и E, изготавливаются из огнестойких негорючих материалов или материалов с ограниченной воспламеняемостью (см. NFPA 220).

### 7.7 Оборудование

Насосы и компрессоры, первичные двигатели, вспомогательные устройства, системы контроля и опорные конструкции – всё это должно обеспечивать надлежащий уровень сервисов, указанных в определении системы (см. 5.1). Насосы, компрессоры, первичные двигатели должны быть спроектированы на соответствие определённым рабочим условиям, установленным для системы трубопровода в рамках директив, указанных в пункте 5.4.

Первичные двигатели, за исключением асинхронных или синхронных электродвигателей, должны быть снабжены автоматическим устройством, отключающим установку в тот момент, когда скорость первичного двигателя или приводного узла близится к превышению максимально безопасной допустимой скорости, установленной изготовителем.

Установки и оборудование должны соответствовать требованиям классификации территорий по степени радиоактивности (см. 7.2).

## 7.8 Сеть трубопроводов

### 7.8.1 Первичная сеть трубопроводов

Сеть для транспорта или хранения жидкости или газа должна быть приведена в соответствие с требованиями к прочности (см. пункт 6.4).

ПРИМЕЧАНИЕ 1: в таблицах 1 и 2 приводятся расчётные коэффициенты окружного напряжения.

Колебания от вибрирующего оборудования, пульсация жидкости под воздействием поршневых насосов или компрессоров, равно как и пульсация потока, – всё это необходимо рассчитать в целях проектирования системы трубопровода.

Сеть трубопроводов должна быть максимально защищена от повреждения, вызванного вакуумным давлением или избыточным давлением.

Контроль давления или защита от избыточного давления осуществляются согласно требованиям, указанным в пункте 5.4.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: подверженность системы трубопроводов вакуумному или избыточному давлению может быть результатом колебания, вызванного неожиданным изменением направления потока во время закрытия клапана, а также результатом образования вакуума во время остановки системы или её дренирования.

### 7.8.2 Вторичный трубопровод

#### 7.8.2.1 Сеть трубопроводов для перекачки топливного газа

Газопровод проектируется согласно ASME B31.3.

Топливоподкачивающие линии снабжаются запорными вентилями, размещёнными за пределами жилых домов или жилых кварталов.

Система трубопроводного транспорта газового топлива снабжается устройствами ограничения давления, применение которых препятствует превышению давлением топлива нормального рабочего давления более чем на 25%. Максимальное давление топлива может превышать расчётное не более чем на 10%.

Вентиляционные коллекторы и продувочные вентили не допускают попадания топливного газа в камеры сгорания во время активной работы двигателей и присоединённого оборудования.

### **7.8.2.2 Воздухопровод**

Воздухопровод в пределах станции проектируется согласно ASME B13.3.

Воздушные ресиверы или воздухосборники изготавливаются и используются согласно ASME, раздел VIII, часть 1.

### **7.8.2.3 Сливные и дренажные линии**

Сливные и дренажные линии должны иметь габариты, соответствующие мощности перепускного клапана.

## **7.9 Система аварийной остановки**

Каждая насосная или компрессорная станция должна быть оборудована системой аварийной остановки, обладающей такими характеристиками, как доступность, наличие локального и дистанционного управления, функция выключения всех первичных двигателей. Станция изолируется от трубопровода. Там, где это необходимо, обеспечивается дренаж системы трубопроводов.

Системы аварийной остановки предусматривает выключение потенциально опасного газоотопливаемого оборудования, если только последнее не используется для борьбы с самой аварийной ситуацией.

Непрерывное энергоснабжение необходимо для безопасности обслуживающего персонала и защиты оборудования.

## **7.10 Электрооборудование**

Электрооборудование и линии электропроводки соответствуют IEC 60079-14. Электрооборудование, по умолчанию не прекращающее работу в аварийной ситуации, базируется в легкодоступной зоне.

## **7.11 Расходный бак и резервуар для хранения**

Резервуары для хранения или перекачиванию флюида проектируются и изготавливаются согласно ниже указанным стандартам:

- PI 650 – для флюидов с давлением пара меньше 0,035 бар(g);
- API 620 – для флюидов с давлением пара выше 0,035 бар(g), но ниже 1 бар(g);
- ISO 13623 – для трубордержателей, используемых для флюидов под давлением пара свыше 1 бар(g);
- Стандарты на другие держатели, существующие помимо трубордержателей для флюидов под давлением пара свыше 1 бар (g).

Основание проектируется и закладывается согласно плану и спецификации, учитывающей особенности местных условий грунта, тип резервуара, использование и общее расположение.

### **7.12 Обогревающие и охлаждающие станции**

Температура определяется и контролируется там, где охлаждение или нагревание флюида требуется для работы трубопровода (см.5.1).

Сетевые электронагреватели на обогревающих станциях используются для всей сети трубопроводов, корпусов насосов, спускных отверстий, линий приборов, обеспечивая удовлетворяющую условиям движения флюида защиту после выключения.

### **7.13 Станции измерения потребления газа и контроля давления**

Счётчики, сетки и фильтры проектируются в расчёте на одно и то же внутреннее давление. Эти устройства должны соответствовать требованиям к испытанию под давлением, предъявленным в данном международном стандарте.

Опорные конструкции поддерживают составные части таким образом, чтобы не избежать чрезмерного нагружения всей системы трубопроводов.

Необходимо обеспечить доступность и простоту технического обслуживания, минимизировать риск вмешательства в работу станций. Следует учитывать обратное течение, пульсацию или вибрацию потока.

Задерживающая способность любой фильтрующей среды должна обеспечить защиту оборудования от вторжения опасных инородных веществ и предотвращать накопление электростатического заряда.

### **7.14 Системы мониторинга и коммуникации**

Необходимо включить в проектирование системы требования к следующим факторам: контроль давления, температура, расход жидкости, данные по насосам, компрессорам; позиции клапанов, данные счётчиков и индикаторов уровня жидкости в резервуаре; порядок действия в таких вызывающих беспокойство ситуациях, как сбой в энергоснабжении, высокая температура обмотки электродвигателя и вращающихся подшипников оборудования, избыточная вибрация, низкое давление всасывания, высокое давление нагнетания, стихийные утечки по причине разгерметизации, ненормальные температуры, обнаружение признаков пожара и предаварийная обстановка.

Контроль оборудования осуществляется с помощью системы SCADA (диспетчерское управление и сбор данных).

Технические требования к системе трубопровода, равно как и требования к защите окружающей среды и обеспечению безопасности являются основанием для принятия решения о необходимости избыточного контроля, коммуникации и резервного энергоснабжения.

## 8 Материалы и покрытия

### 8.1 Общие требования к материалам

#### 8.1.1 Выбор

Материалы, применяемые для трубопровода, обладают следующими характеристиками:

- механические свойства подобно прочности или ударной вязкости, обязательно согласующиеся с конструктивными требованиями (см.6.4);
- свойства, соответствующие требованиям к защите от коррозии (§ 9);
- пригодность для производственных операций и сооружения.

#### 8.1.2 Материалы в кислотозащитном исполнении

Спецификации материалов в кислотозащитном исполнении включают требования к тестированию рабочих характеристик. Тестирование проводится с целью выяснения сопротивляемости растрескиванию под воздействием напряжения в сульфидсодержащей среде при условии, если факт пригодности этих материалов для использования в кислой среде не указан в соответствующих стандартах.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в требования к защите от деструктивной гидрогенизации входит уменьшение и/или контроль формы неметаллических включений.

#### 8.1.3 Согласованность требований

Ко всем компонентам системы трубопровода, находящимся под давлением, предъявляются согласованные между собой требования.

**ПРИМЕРЫ:** химический состав, обеспечивающий свариваемость; прочность, предотвращающая хрупкий излом.

#### 8.1.4 Химический состав

Материалы из ферритной стали для сварки, стандарта на которые нет в наличии, должны иметь углеродный коэффициент максимум

- 0,45, если сорта стали имеют установленный в технических условиях предел текучести, не превышающий 360 МПа; и
- 0,48, если сорта стали имеют установленный техническими условиями предел текучести, превышающий 360 МПа.

Сварочные материалы из ферритной стали, при наличии стандарта на них, имеют углеродный эквивалент СЕ, не превышающий вышеуказанные значения или значения, рекомендованные стандартом.

Покупатель материалов вправе допустить применение на практике более высоких значений углеродного эквивалента или же ограничить максимально допустимые значения данного эквивалента.

Углеродный эквивалент рассчитывается по формуле:

$$CE = \% C + (\% Mn/6) + (\% Cr + \% Mo + \% V)/5 + (\% Cu + \% Ni)/15$$

Если трубопроводный транспорт служит для перегонки текучей среды категории А, и отсутствует указание полного химического состава, можно воспользоваться альтернативной формулой вычисления углеродного эквивалента.

$$CE = \% C + (\% Mn/6) + 0,04$$

### 8.1.5 Вязкость хрупкого излома

Отбор и применение материалов для системы трубопроводов производится таким образом, чтобы вероятность хрупкого излома полностью исключалась.

Материалы для трубопровода, транспортирующего жидкость или газ категории С, D и E, имеющего номинальный диаметр выше 150 и изготовленного из ферритной, ферритной/аустенитной или мартенситной нержавеющей или углеродистой стали, должны соответствовать нижеуказанным величинам ударной вязкости по Шарпи:

- 27 Дж в среднем/ 20 Дж индивидуально для сортов стали с указанным в технических условиях пределом текучести, не превышающим 360 МПа; и
- 40 Дж в среднем/ 30 Дж индивидуально для сортов стали с указанным в технических условиях пределом текучести, не превышающим 360 МПа.

Требования к защите от хрупкого излома материалов для трубопровода, транспортирующего жидкости и газы категории А и В и составных частей с номинальным диаметром не выше 150, входящих в состав трубопровода категории С, D, E, устанавливаются на основании расчётных условий для данной системы трубопровода.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** для того, чтобы остановить прогрессирование вязкого излома, необходимо применить большую силу удара (см.8.1.6).

Испытания полноразмерных образцов с V-образным надрезом по Шарпи следует проводить согласно ISO 148. Также допустимо использовать альтернативные конические испытательные образцы, указанные в ISO 13183 (все части). Можно испытать образцы уменьшенных размеров. В этом случае следует сократить минимальное значение энергетика удара соразмерно уменьшенной толщине испытательного образца, когда толщина не удовлетворяет условиям испытания полноразмерного образца с V-образным надрезом по Шарпи.

Температура испытания не должна превышать тот минимум температурного воздействия, которому может быть подвержен трубопровод под давлением. Более низкие температуры испытания следует рассчитать для газопровода, морских стояков и деталей повышенной толщины.

Требования к защите от хрупкого излома действительны для основного металла сплава, равно как и для металла шва сварных деталей, и для зон термического влияния. Технология сварки должна обеспечивать указанную в технических условиях сопротивляемость хрупкому излому.

### 8.1.6 Вязкость излома при сдвиге (вязкое разрушение)

Основной металл трубопровода для транспортировки жидкостей категории С, D, E должен демонстрировать сопротивляемость прогрессирующему вязкому разрушению. Фазовое поведение жидкостей во время неожиданной декомпрессии следует выявить, предусмотрев для каждой фазы соответствующие ей механизмы остановки вязкого разрушения.

Трубопроводному транспорту категории D соответствуют значения ударной вязкости по Шарпи, указанные в таблице 5.

**Таблица 5 – Минимальное значение ударной вязкости по Шарпи для трубопроводного транспорта категории D**

Сорт стали	Минимальное значение J
L245 to L450	$2,67 \times 10^{-4} \cdot \sigma_{\text{нр}}^{1,5} \cdot D_o^{0,5}$ with a minimum value of 40
L485	$3,21 \times 10^{-4} \cdot \sigma_{\text{нр}}^{1,5} \cdot D_o^{0,5}$
L555	$3,57 \times 10^{-5} \cdot \sigma_{\text{нр}}^2 \cdot \left(\frac{D_o}{2}\right)^{1/3} \cdot t_{\text{ном}}^{1/3}$

Значения следует применить ко всем средним величинам теплопроводности при испытании полноразмерного образца с V-образным надрезом по Шарпи. Окружное напряжение  $\sigma_{\text{нр}}$  в МПа, диаметр  $D_o$  и номинальная толщина стенки  $t_{\text{ном}}$  – в mm.

Minimum value of 40 – минимальное значение 40 (примечание пер.).

Испытания полноразмерного образца с V-образным надрезом по Шарпи должны проводиться в соответствии с рекомендациями 8.1.5 при той минимальной температуре, воздействие которой испытывает на себе трубопровод, работающий в условиях самой низкой температуры воздуха, морской воды или грунта.

Механические вставки для останковки трещины в виде рукавов или толстостенной трубы применяются там, где рекомендации таблицы 5 нецелесообразны с практической точки зрения. Прогрессирование трещины является ориентиром для определения местоположения и расстановки вставок.

#### **8.1.7 Эксплуатация при высокой температуре**

Механические свойства материалов при максимальной рабочей температуре выше 50° следует задокументировать, если они не указаны стандарте на изделие.

#### **8.1.8 Свойства, приобретённые после штамповки или термической обработки**

В том случае, если материалы подвергаются термической обработке, холодной штамповке, горячей штамповке или другим видам воздействия, необходимо задокументировать факт соответствия конечного состояния материалов заданным требованиям. Документально подтверждаются данные по основному металлу и по металлу сварного шва деталей, равно как и зонам термического влияния.

#### **8.1.9. Программа оценки качества**

Требования к программе оценки качества и тестированию опытных образцов материалов производится на основании предыдущего опыта изготовления данного материала.

#### **8.1.9 Маркировка**

Материалы и детали маркируются согласно требованиям стандарта на изделие. При отсутствии такого стандарта – согласно MSS SP-25.

Маркировка в виде тампопечати наносится с минимальной концентрацией напряжений в наиболее безопасных местах.

#### **8.1.11 Акт приёмочного контроля**

На все без исключения материалы составляется акт приёмочного контроля согласно ISO 10474. Контроль качества материалов, идущих на изготовление составных частей под давлением подтверждается как минимум сертификатом 3.1 в соответствии с ISO 10474.

#### **8.1.12 Технические условия**

Все материалы, из которых изготавливается трубопровод, арматура, составные части и покрытия, производятся и используются в соответствии с рекомендациями релевантного стандарта на продукцию, равно как и требованиями данного международного стандарта.

Требования данного международного стандарта, не включённые в соответствующий стандарт на продукцию, могут использоваться в качестве дополнения к требованиям стандарта на продукцию.

Частные технические условия, включающие необходимые свойства и габариты, а также требования к изготовлению, испытанию, контролю, сертификации и документированию устанавливаются для материалов при отсутствии соответствующего стандарта на продукцию.

### **8.1.13 Повторное использование деталей**

Многократное использование деталей допустимо в том случае, если

- технические условия на продукт первичного производства известны и согласуются с требованиями данного международного стандарта;
- акт приёмочного контроля соответствует требованиям пункта 8.1.11;
- результаты проверки, чистки и ремонта, соответствующих данному международному стандарту, доказывают факт пригодности деталей к сервису и отсутствие дефектов;

Трубопровод, технические условия на первичное изготовление которого не известны, может использоваться как сортament L245 при условии, что результаты проверки и испытания подтверждают соответствие трубопровода нормам ISO 3183. Такие материалы имеют ограниченное применение, т.е. применяются только для трубопроводного транспорта, действующего при уровне напряжения на 30% ниже установленного минимума предела текучести.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** оператор сети трубопроводов вправе указать в технических требованиях к проекту приемлемые для оператора условия повторного использования материалов.

### **8.1.14 Документы**

Технические условия с согласованными отклонениями, конструкторское досье с вычислениями и чертежами, результаты испытаний и проверка сертификации – все эти данные должны сохраняться до востребования (см. 13.1.7).

## **8.2 Трубопровод**

### **8.2.1 Труба из углеродистой стали**

Трубопровод из углеродистой марганцевой стали соответствует нормам ISO 3183-1, ISO 3183-2 или ISO 3183-3.

Подчиняющийся нормам ISO 3183-2 или ISO 3183-3 трубопровод соответствует требованию вязкости разрушения, указанному в пункте 8.1.5. и 8.1.6. ISO 3183-3 применим для так называемого кислотозащитного исполнения.

## 8.2.2 Трубы из нержавеющей стали и цветного металла

Труба из нержавеющей стали или цветного металла может быть сварной или бесшовной.

## 8.2.3 Труба из углеродистой стали с прослойкой из цветного металла или нержавеющей стали

Трубопровод из углеродистой стали соответствует следующим стандартам: ISO 3183-1, ISO 3183-2 или ISO 3183-3. Трубопровод, соответствующий нормам ISO 3183-2 или ISO 3183-3 применяется при вязкости разрушения, указанной в пунктах 8.1.5 и 8.1.6.

На основании проектно-конструкторской оценки, а также внутренней коррозии, делается вывод о том, каким способом – металлургическим или механическим – внутренний слой из нержавеющей стали или цветного металла будет сцеплен с внешней трубой из углеродистой стали. Минимальная толщина внутреннего слоя – не меньше 3 мм в трубе и у сварного шва.

При необходимости применяется более жесткий допуск для конца трубы, чем допуск, рекомендованный в соответствующей части ISO 3183 по сварке.

## 8.3 Компоненты

### 8.3.1 Фланцевые соединения

Фланцевые соединения соответствуют требованиям ISO 7005-1 или других общепризнанных стандартов ASME B16.5 и MSS SP-44. Допускается оригинальная разработка фланцев. Они должны соответствовать нормам, изложенным в ASME, раздел VIII, часть 1.

Согласованность с проектно-конструкторскими требованиями, изложенными в ASME B16.5 демонстрируется при условии отклонения от нормальных размеров фланцев, указанных в ASME B16.5 или MSS SP-44.

Следует рассчитать совпадение внутреннего диаметра фланца с внутренним диаметром трубы. Подобное выравнивание является необходимым условием сварки.

Уплотнительные прокладки изготавливаются из материалов, стойких к воздействию жидкостей или газов в трубопроводе и способных выдержать рабочее давление и температуру. Только прокладки из негорючих материалов могут выдержать рабочую температуру выше 120° С.

Материал для болтов должен соответствовать ASTM A193 B7 или его эквиваленту. Материал для гаек – ASTM A194 2H или его эквиваленту. Болты или шпильки свободно и полностью закручиваются гайками.

### 8.3.2 Колено трубопровода

Сгибание труб производится путём горячей, холодной и индукционной гибки. К гибке предъявляются следующие требования:

- труба из спокойной стали;
- овальность изгиба не должна превышать 2,5% от номинального внешнего диаметра;
- концевые допуски изгиба трубы должны быть соразмерны концевым допускам согласующейся трубы;
- нельзя допускать сморщивание;
- толщина стенки всего изгиба должна соответствовать требуемой минимальной толщине стенки примыкающего трубопровода;
- свойства изгиба совпадают с механическими свойствами трубы, указанными в пункте 8.2;

Испытание и проверка изгибов должны проводиться в условиях напора.

Нельзя использовать изгибы, срезанные под углом.

### 8.3.3 Фитинги

Фитинги изготавливаются из спокойной стали. С помощью общепризнанных технологий обеспечивается желаемая реакция на термическую обработку, а также формируются требуемые характеристики ударной вязкости.

Сталь соответствует нормам ASTM A182, ASTM A350, MSS SP-75, ASME B16.9 или эквивалентных им стандартов.

### 8.3.4 Клапаны

Шаровые, обратные, запорные и конические клапаны соответствуют требованиям ISO 14313. Клапаны подводного назначения соответствуют требованиям ISO 14723.

### 8.3.5 Сборные изолирующие муфты

Перед сборкой и монтажом трубопровода изолирующие муфты испытываются под давлением 1,5 x MAOP (максимально допустимое рабочее давление).

Непосредственно перед установкой сборные изолирующие муфты подвергаются электрическим испытаниям с целью подтверждения обрыва цепи.

### 8.3.6 Другие компоненты

Проектирование деталей при отсутствии стандарта на них производится согласно ASME, раздел VIII, часть 1.

## 8.4 Покрытия

### 8.4.1 Общие положения

Все внешние и внутренние покрытия должны соответствовать общепризнанным стандартам и спецификациям. Необходимо учитывать следующие факторы:

- тип покрытия и его укрепление при необходимости;
- толщина индивидуальных слоёв и общая толщина;
- состав и/или основной материал;
- механические свойства;
- температурные ограничения;
- требования к подготовке поверхности;
- требования к сцеплению;
- требования к материалам, применению, отверждению, включая возможные требования к охране здоровья, профессиональной безопасности, защите окружающей среды;
- требования к испытанию системы покрытия на соответствие техническим условиям; квалификационное тестирование персонала при необходимости;
- требования к испытанию и проверке;
- ремонт при необходимости.

### 8.4.2 Внешние покрытия

#### 8.4.2.1 Грузовые бетонные рубашки

Грузовые бетонные рубашки должны соответствовать спецификации, которая в дополнение к рекомендациям пункта 8.4.1, охватывает следующие необходимые условия:

- состав бетона;
- обязательные механические свойства и технические требования на проведение испытаний;
- определённая толщина или масса, включая допуски;
- усиление, армирование;
- сцепление с трубой;
- требования к применению и отверждению;
- установка протекторного анода;
- водопоглощение.

### 8.4.2 Внешнее покрытие

#### 8.4.2.2 Антикоррозионное покрытие и теплоизоляция

Покрытие соответствует требованиям пунктов 9.4. и 9.5.

### 8.4.3 Внутреннее покрытие/футеровка

Внутреннее покрытие согласуется с требованиями пункта 9.3.5, если применяется в целях борьбы с коррозией.

Антифрикционные покрытия должны как минимум соответствовать API RP 5L2 и иметь минимальную толщину 40 мм.

## 9 Контроль коррозии

### 9.1 Общие положения

Контроль коррозии осуществляется с целью минимизации неоправданного риска повреждения трубопровода в период его проектного срока службы. Контроль коррозии включает следующие факторы:

- обнаружение и оценка потенциального источника коррозии;
- выбор материалов для трубопровода;
- выяснение способов борьбы с коррозией;
- определение требований к контролю и проверке;
- анализ результатов коррозионного контроля и проверки;
- периодический пересмотр требований к контролю коррозии, продиктованный имеющимся опытом и изменением расчётных условий и влиянием окружающей среды;

Оценка внутренней и внешней коррозии проводится с целью документально подтвердить тот факт, что коррозия отобранных материалов контролируется в течение всего проектного срока службы трубопровода.

Оценка должна основываться на соответствующем опыте эксплуатации и технического обслуживания и/или результатах лабораторного тестирования.

При любом допуске на коррозию в расчёт принимается тип и скорость коррозии, ожидаемые в период расчётного срока службы трубопровода.

Следует рассчитать возможность внутренней и внешней коррозии материалов для трубопровода, возникающей при транспортировке, сооружении, хранении, испытании, консервации, вводе в промышленную эксплуатацию или выходе из строя.

### 9.2 Оценка внутренней коррозии

В расчётные условия следует включить потенциальное ухудшение качественных характеристик материалов (5.1).

Следует оценить возможное образование свободной жидкости в условиях ожидаемых во время эксплуатации скоростей потока текучей среды, рабочего давления и температуры.

Следует идентифицировать те компоненты текучей среды, которые могут стать причиной внутренней коррозии. Следует определить коррозионный потенциал этих компонентов на каждой интервале концентраций, при каждом давлении и температуре.

**ПРИМЕРЫ:** компоненты, оказывающие корродирующее воздействие на трубопровод для транспортировки природного газа, сырой нефти и текучей среды других видов, включая углекислый газ, сероводород, элементарную серу, ртуть, кислород, воду, растворённые в воде соли (хлориды, бикарбонаты, карбоксилаты и т.д.), отложения твёрдых веществ, засоряющие линию, бактериальное загрязнение, химические добавки, инжектированные вовремя всасывающей активности, загрязнение по причине сбоя механизмов всасывания.

Выделяют следующие типы потенциальной коррозии:

- общий ущерб, нанесенный материалу;
- локальная коррозия, т.е. покрывание язвенной коррозией в местах под залежами и отложениями, а также щелевая коррозия или мезаструктурная коррозия;
- коррозия под воздействием микроорганизмов;
- трещинообразование от напряжения;
- гидрокрекинг или ступенчатый крекинг;
- эрозия или эрозионная коррозия;
- коррозионная усталость;
- биметаллические/гальванические пары, включая коррозию в зоне сварного шва.

### 9.3 Борьба с внутренней коррозией

#### 9.3.1 Технологии

Выделяют следующие методы борьбы с коррозией:

- пересмотр расчётных/рабочих условий;
- использование коррозионностойких материалов;
- применение химических добавок;
- применение внешних покрытий и футеровок;
- регулярная механическая чистка;
- удаление биметаллических пар.

Необходимо учитывать совместимость избранной технологии подавления коррозии с напорными операциями.

#### 9.3.2 Расчётные условия в новой редакции

Технологическое оборудование для обработки флюидизированного материала, равно как и техника эксплуатации трубопровода могут быть модифицированы и адаптированы для борьбы с веществами, вызывающими коррозию или коррозионными условиями, выявленными в результате мероприятий по оценке коррозионной активности.

### 9.3.3 Коррозионностойкие материалы

На выбор химических добавок влияют следующие факторы:

- эффект от смачивания водой областей по всей окружности и длине трубопровода;
- вариативность скорости жидкостей в трубопроводе;
- разделяющее поведение в многофазных системах;
- влияние осадочных отложений;
- совместимость с другими добавками;
- совместимость с материалами, из которых изготовлены детали, частности, с немаetalлической трубопроводной арматурой;
- безопасность персонала при обращении с химическими веществами;
- последствия возможного выброса в окружающую среду;
- совместимость с операциями нисходящего потока в трубопроводе;

### 9.3.4 Внутренние покрытия или футеровки

Применение покрытий ил футеровок способно существенно сократить внутреннюю коррозию. Необходимо помнить о том, что незащищённые от коррозии места пропусков при изоляции труб или другие дефекты могут стать источником распространения коррозии.

На выбор покрытия или футеровки влияют следующие факторы:

- внутренне покрытие монтажного шва;
- технология применения;
- технология ремонта;
- рабочие условия;
- отдалённое последствие текучей среды (сред) на покрытие/футеровку;
- сопротивление изменению давления;
- температурный градиент и покрытие;
- совместимость с операциями по чистке трубопровода скребками.

### 9.3.5 Чистка

Необходимо определить требования на периодическую внутреннюю механическую чистку трубопровода.

Подлежат рассмотрению следующие факторы:

- удаление скоплений твёрдых частиц и/или карманов, заполненных агрессивной жидкостью, которая может стать причиной возникновения коррозии в этих местах;
- возможные неблагоприятные последствия взаимодействия между материалами трубопровода, такими как нержавеющая сталь, и материалами, из которых изготовлены механические чистящие устройства.

#### 9.4 Оценка внешней коррозии

Прогноз относительно появления внешней коррозии делается на основании рабочих температур (см.5.1) и условий внешней среды трубопровода (см. 6.2).

В таблице 6 указаны виды внешних условий, которые следует учитывать при оценке потенциала внешней коррозии.

**Таблица 6 – Виды внешних условий, влияющих на внешнюю коррозию**

<b>Морской трубопровод</b>	<b>Наземный трубопровод</b>
Атмосфера над уровнем моря	Атмосфера над уровнем моря/промышленная/сельская
Водно-воздушный контакт (зона периодического смачивания)	Морская вода (приливно-отливная зона/берег)
Морская вода	Пресная или солёная вода
Трубопровод на дне моря или заглубленный в морское дно	Топи и болота
Внутренние пучки или рукава	Пересечения рек
Сброс камней/бетонных плит	Сухая или влажная почва
Внутренние J-трубы/кессоны	Внутренние тоннели, рукава или кессоны

Необходимо учесть следующие факторы окружающей среды:

- температура окружающей среды;
- резистентность, солёность, содержание кислорода;
- бактериальное заражение;
- течение воды;
- степень заглубления;
- возможное вращение корней деревьев внутрь;
- возможное загрязнение почвы углеводородами и другими веществами.

Оценка антикоррозионных мер должна учитывать возможную долговременную коррозионную активность внешней среды и избегать строгой привязки к коррозии, возникающей после монтажа трубопровода. В расчёт принимаются планируемые изменения использования земельных угодий, через которые пролегает трасса наземного трубопровода. Изменение землепользования может повлечь за собой изменение внешних условий и, как следствие, коррозионную активность почвы, например, ирригация в прошлом аридной области и области с низкой коррозионной активностью почвы.

Необходимо оценить влияние, которое оказывает на наземный трубопровод водородный показатель окружающей среды и потенциальные источники блуждающего и переменного тока.

Выделяют следующие типы коррозионного разрушения:

- общее разрушение и ущерб;
- локальная коррозия, например, язвенная коррозия, развивающаяся под залежами или щелевая коррозия;
- коррозия под воздействием микроорганизмов;
- трещины, образовавшиеся в результате коррозии под напряжением, т.е. карбонатная или бикарбонатная коррозия.

## **9.5 Подавление внешней коррозии**

### **9.5.1 Требования к защите**

Любой металлический трубопровод защищается внешним покрытием. Погребённые секции обеспечиваются катодной защитой. Для областей с повышенной коррозионной активностью предусматривается допуск на коррозию или прочное покрытие, а также плакирование коррозионностойким сплавом.

**ПРИМЕР:** Зона периодического смачивания, в пределах которой находятся морские стояки, подверженные риску внешней коррозии.

### **9.5.2 Внешние покрытия**

На выбор внешних покрытий влияет потребность в особой надёжности защиты от коррозии и ожидаемый риск во время эксплуатации и технического обслуживания.

Эффективность применения внешних покрытий зависит от следующих факторов:

- электрическое удельное сопротивление покрытий;
- влагопроницаемость и её отношение к температуре;
- требуемое сцепление покрытия с основным материалом трубопровода;
- необходимое сопротивление поперечным силам, возникающим между покрытием и дополнительным покрытием и дополнительным покрытием, а также сдвигающему усилию изоляционного барьера или окружающей среды;
- подверженность нарушению связанности с катодной защитой;
- сопротивление старению, коррозионной хрупкости и трещинообразованию;
- требования к ремонту покрытия;
- возможное отрицательное воздействие на материалы трубопровода;
- потенциальный термодинамический цикл;
- сопротивление повреждению при транспортировке, погрузо-разгрузочных работах, хранении, монтаже, техническом обслуживании.

Все внешние покрытия трубопровода – фабричного изготовления. Только монтажные швы и некоторые другие составные части порываются на месте. Монтажные швы защищаются системой покрытий, совместимых с покрытием трубопровода.

Монтажные швы защищаются системой покрытий, совместимых с покрытием трубопровода. Покрытие согласуется с техническими требованиями или выходит за рамки заданных условий, а также способно найти надлежащее применение в реальных условиях эксплуатации. Защита трубопроводов с теплоизоляцией может потребовать размещения внешнего покрытия между изоляционным материалом и трубопроводом.

Трубопровод в J-трубах нуждается во внешнем покрытии. На выбор покрытия влияет факт возможного повреждения покрытия во время монтажа внутри J-труб.

### **9.5.3 Катодная защита**

#### **9.5.3.1 Потенциал катодной защиты**

Потенциал катодной защиты должен поддерживаться на уровне, указанном в таблице 7, и в течение всего расчётного срока службы трубопровода.

**Таблица 7 – Потенциал катодной защиты для трубопроводов из низколегированной и нелегированной стали**

Контрольный электрод		Cu/CuSO <sub>4</sub>	Ag/AgCl/Морская вода
Вода и грунт низкого сопротивления Сопротивление <100 Ω·m	Аэробная T < 40°	– 0,850 V	– 0,800 V
	Аэробная T > 60°	– 0,950 V	– 0,900 V
	Анаэробная	– 0,950 V	– 0,900 V
Области аэрированного песчаного грунта высокого сопротивления	Сопротивление от 100 Ω·m до 1000 Ω·m	– 0,750 V	– 0,700 V
	Сопротивление > 1000 Ω·m	– 0,650 V	– 0,600 V

ПРИМЕЧАНИЕ 1: потенциал, указанный в этой таблице и примечании 4 применим к материалам с действительным пределом текучести 605 МПа или меньше.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: необходимо учесть возможность водородной хрупкости стали с действительным пределом текучести выше 605 МПа.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: для всех типов стали необходимо рассчитать прочность продольного и кольцевого сварного шва и их причастность к появлению водородной хрупкости под катодной защитой.

ПРИМЕЧАНИЕ 4: защитный потенциал на поверхности раздела металл-среда не должен быть более отрицательные характеристики, чем – 1,150 V при контрольных электродах CuSO<sub>4</sub> и – 1,100 V при контрольных электродах Ag/AgCl. Более отрицательные величины допустимы лишь в том случае, если доказана невозможность повреждения по причине водородной хрупкости.

ПРИМЕЧАНИЕ 5: требования к защитному потенциалу нержавеющей стали варьируются. Тем не менее, допущены к применению выше указанные виды защитного потенциала. Если трубопровод изготовлен из нержавеющей стали, выплавленной дуплекс-процессом, необходимо избегать избыточной защиты от напряжения, которая может стать причиной водородного повреждения.

ПРИМЕЧАНИЕ 6: если нельзя обеспечить необходимый уровень защиты от грунта с низким сопротивлением, можно воспользоваться величинами, соответствующими условиям высокого сопротивления.

ПРИМЕЧАНИЕ 7: Применение альтернативного критерия защиты допускается лишь в том случае, если доказана его эффективность в обеспечении необходимого уровня защиты от внешней коррозии.

ПРИМЕЧАНИЕ 8: Используемые величины должны иметь более отрицательные характеристики, по сравнению с указанными в примечаниях 1-7.

Указанные в таблице 7 критерии защитного потенциала применимы к границе раздела металл-среда. При отсутствии токов помехи этот потенциал соответствует мгновенному потенциалу «off».

#### 9.5.3.2.1 Протекторные аноды

Проектирование системы защиты с применением протекторных анодов необходимо задокументировать и включить ссылку на ниже указанную информацию:

- расчётный срок службы трубопровода (см.5.1);
- критерии проектирования и условия окружающей среды;
- стандарты;
- требования к электрической изоляции;
- определение площади трубопровода, которая должна быть защищена;
- характеристики анодной массы в диапазоне расчётных температур;
- число и модель анодов, а также их распространение;
- защита от возможных электрических помех, вызванных переменным током и/или постоянным током.

#### 9.5.3.2.2. Подаваемый ток

Проектирование системы катодной защиты с подаваемым в неё током создаёт условия для равномерного распределения тока вдоль трубопровода. Необходимо определить места постоянного проведения измерений защитного потенциала (см. 9.5.3.3).

Проектная документация содержит следующие справочные данные:

- расчётный срок службы трубопровода (см.5.1);
- конструктивные параметры и условия окружающей среды;
- требования на электрическую изоляцию;
- вычисление площади трубопровода, подлежащей защите;
- проектирование анодного заземления, его допустимой нагрузки по току и сопротивлению, а также схема прокладки кабеля и технология защиты;
- меры, принятые против возможных электрических помех от переменного и/или постоянного электрического тока;
- требования к защите перед вводом в эксплуатацию системы катодной защиты с подаваемым в неё током;
- стандарты, применяемые в данной области.

#### 9.5.3.2.2 Соединения

Аноды в системе катодной защиты, а также кабели подсоединяются к трубопроводу посредством металлургического соединения.

При проектировании соединений необходимо учитывать следующие факторы:

- требуемая адекватность электрической проводимости;
- требование адекватной механической прочности и защиты от повреждения во время монтажа;
- металлургический эффект нагрева трубопровода в процессе соединения.

Можно воспользоваться пластинами с двусторонним полированием при соединении анодов и кабелей с трубопроводом из нержавеющей стали. Следует просчитать возможность электрических помех из внешних близких к трубопроводу источников постоянного тока, а также возможность установки системы защиты нового трубопровода на базе системы защиты старого трубопровода. Применение защитной теплоизоляции, равно как и возможное негативное влияние блуждающих токов следует рассчитать при проектировании системы катодной защиты изолированного трубопровода.

### **9.5.3.3 Специфические требования к наземному трубопроводу**

В этом случае защита обеспечивается с помощью подаваемого в систему катодной защиты тока.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1:** система протекторной защиты имеет практическое значение только для трубопроводов с высококачественным покрытием, находящимся в среде низкого сопротивления. Следует оценить пригодность закладочного материала в местах расположения анодов.

Необходимо обеспечить электрическую изоляцию защищённого трубопровода от других конструкций типа компрессорных станций и конечных станций с помощью работающих в линии изолирующих компонентов.

Необходимо с помощью защитных устройств оградить изоляционные швы от повреждения по причине грозового разряда или высоковольтных блуждающих токов.

Следует избегать заземления через низкое сопротивление.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2:** рекомендуется изолировать трубопровод от таких конструкций, как стенные входы и ограничители из железобетона, провода заземления у оборудования с электрическим приводом, а также мосты.

Вероятность появления коррозии в незащищённых местах изолирующих муфт рассматривается при наличии во внешней или внутренней среде электролитов низкого сопротивления.

Электропроводимость обеспечивается для каждой детали, кроме муфт/фланцев, которые, при несоблюдении данного условия, способны увеличить продольное сопротивление трубопровода.

Следует установить и применить на практике требования к защите от коррозии секций трубопровода в рукаве или обсадной трубе.

Между защищённым трубопроводом и системами защиты от грозовых разрядов следует установить искровые разрядники.

Если безопасность обслуживающего персонала подвергается сомнению, а также если возникает риск коррозии под воздействием переменного тока, необходимо предотвратить превышающее допустимые нормы напряжение переменного тока посредством размещения заземлителей между трубопроводом и системой заземления без нарушения катодной защиты.

Контрольные точки для повседневного мониторинга и осмотра катодной защиты устанавливаются в следующих местах:

- пересечения с системой тяговой генерации постоянного тока;
- пересечение реки, шоссе или железной дороги, а также большой дамбы;
- секции в обсадных колоннах или рукавах;
- изолирующие муфты;
- места, где трубопровод проходит параллельно высоковольтным линиям кабелей;
- шпунтовые сваи;
- пересечения с другими крупными металлическими конструкциями с катодной защитой или без неё.

Дополнительные контрольные точки, с одинаковыми интервалами расставленные вдоль трубопровода, служат напоминанием о том, что контрольное измерение катодной защиты должно проводиться вдоль всей трассы трубопровода.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3:** требования к испытательному пространству зависят от грунтовых условий, местности и местоположения.

### **9.5.3.3 Требования к морскому трубопроводу**

Катодная защита осуществляется с помощью протекторных анодов.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** опыт показывает, что протекторные аноды обеспечивают эффективную защиту с минимальными затратами на содержание и техническое обслуживание.

Не следует устанавливать электрическую изоляцию между морским трубопроводом и его металлической опорной конструкцией. Тем не менее, можно обеспечить электрическую изоляцию между морским трубопроводом и присоединёнными металлическими конструкциями или другими трубопроводами, что позволит проектировать и испытывать системы защиты от коррозии каждую по отдельности.

Системы катодной защиты индивидуальных трубопроводов и конструкций должны быть совместимы друг с другом, если отсутствует электрическая изоляция. Выбор точек измерения и технологии измерения катодной защиты морского трубопровода должен обеспечить репрезентативные характеристики уровней катодной защиты.

Проектирование протекторных анодов должно быть согласовано с технологией строительства типа баржи-трубоукладчика. Особое внимание нужно уделить расположению анодов в местах пересечений.

#### 9.5.3.4 Ввод в эксплуатацию системы катодной защиты

Система катодной защиты с подаваемым в неё током вводится в действие сразу после установки трубопровода. На случай задержки предусматриваются требования к мерам по обеспечению временной защиты.

На раннем этапе расчётного срока службы всех систем катодной защиты обязательными для выполнения являются ниже указанные процедуры:

- визуальный осмотр анодов и покрытий трубопровода во время монтажа;
- проверка источников электропитания;
- первоначальный осмотр катодной защиты, включающий
  - 1) проверку на разрушающее воздействие блуждающих токов и токов помехи;
  - 2) измерение токовой нагрузки;
  - 3) испытание изолирующих муфт;
  - 4) измерение потенциала катодной защиты по всей длине трубопровода;
- корректирующие меры, принятые в том случае, если не удалось достичь требуемого уровня защиты;
- регистрация ввода в эксплуатацию.

### 9.6 Программы и технологии управления

#### 9.6.1 Требования к контролю

Требования к контролю коррозии определяются на основании прогноза относительно коррозионных механизмов и скоростей (см. 9.2 и 9.4), избранных технологий борьбы с коррозией (см. 9.3 и 9.5), а также факторов безопасности и окружающей среды.

Использование устройств внутренней проверки имеет смысл только в том случае, если контроль внутренней и внешней коррозии, равно как и других дефектов проводится по всей длине трубопровода. Примерные скорости распространения коррозии определяются на основании анализа результатов контрольных измерений потерь металла.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** проверка трубопровода сразу после монтажа рассматривается в качестве контрольного базиса для интерпретации результатов будущих исследований.

## 9.6.2 Контроль внутренней коррозии

### 9.6.2.1 Выбор технологий

Выбор технологии контроля внутренней коррозии зависит от следующих факторов:

- Предполагаемый тип коррозии;
- Потенциальное водоотделение, эрозия и т.д. (параметры потока);
- Требуемая точность;
- Внутренняя и внешняя доступность;
- Созданная внутренним разрушением помеха для прохождения скребков или контрольно-измерительных приборов;

**ПРИМЕЧАНИЕ:** возможные технологии включают установку таких устройств, как контрольные пластинки, которые служат индикатором коррозионного эффекта; периодический анализ жидкости, позволяющий контролировать её коррозионную активность;

### 9.6.2.2 Расположение точек контроля локальной коррозии

Точки контроля коррозии должны размещаться вдоль трубопровода и смежных с ним установок в местах ожидаемого появления ярко выраженных признаков коррозии.

## 9.6.3 Наружный осмотр

Доступные секции трубопровода периодически подвергаются наружному осмотру. Проверка общего или погружённый трубопровод выводится наружу и также осматривается.

Тщательный визуальный осмотр покрытия проводится на участках, наиболее подверженных агрессивному коррозионному воздействию.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** периодический внутренний осмотр покрытия необходим в случае невозможности осуществления визуальное наблюдение за коррозионно-неустойчивыми участками.

Требования к осмотру покрытия наземного трубопровода определяются в зависимости от избранного покрытия и ожидаемого масштаба коррозионной деструкции, а также особенностей грунта, потенциала катодной защиты, токовой нагрузки и известных потерь металла.

## 9.6.4 Мониторинг катодной защиты

Периодические обследования катодной защиты проводятся с применением контрольных точек, указанных в пунктах 9.5.3.3 и 9.5.3.4.

Частота наблюдений зависит от следующих факторов:

- тип защиты;
- единообразие свойств грунта по всей длине трубопровода;
- безопасность и защита окружающей среды;
- возможные электрические помехи.

На выбор технологии обследования влияют возможные электрические помехи, создаваемые постоянным или переменным током. Эти помехи следует учитывать при интерпретации результатов обследования.

Визуальный осмотр системы катодной защиты обеспечивает подробную информацию относительно состояния катодной защиты трубопровода. Визуальный осмотр рекомендован в случае повреждения покрытия под воздействием агрессивной коррозионной среды и помех от блуждающих токов.

## **9.7 Оценка контрольных мероприятий и интерпретация полученных результатов**

Анализ полученных в ходе контрольной проверки данных проводится в следующих целях:

- подтверждение адекватности мер по борьбе с коррозией;
- возможные усовершенствования;
- определение требований к дальнейшим контрольным мероприятиям, обеспечивающим подробную информацию о состоянии трубопровода;
- выявление необходимости пересмотра требований к контролю коррозии;

## **9.8 Документация**

Документально должны быть подтверждены ниже указанные аспекты контроля коррозии (см.9.1-9.6):

- оценка коррозионного потенциала и связанной с ним возможной деструкции;
- выбор материалов и технологий борьбы с коррозией;
- выбор методов проверки и контроля коррозии, а также определение частоты проведения контрольных мероприятий;
- любые специфические меры по выводу из эксплуатации, принятые в рамках избранной методики борьбы с коррозией.

## 10 Сооружение

### 10.1 Общие положения

#### 10.1.1 План строительства трубопровода

Разработка плана предваряет начало строительных работ. Все строительные работы проводятся согласно принятому плану. План содержит, как минимум, следующее:

- описание процесса сооружения;
- план обеспечения безопасности и проведения мероприятий по охране здоровья персонала и защите окружающей среды;
- план контроля качества.

В описании строительных работ указываются технологии, требования к персоналу и оборудованию, а также описание методики работы.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** тоннели, трубопроводные мосты, посадки для морского трубопровода, горизонтальное направленное бурение – всё это требует дополнительных процедур монтажа трубопровода.

Планы обеспечения безопасности, охраны здоровья персонала и защиты окружающей среды содержат требования к защите окружающей среды и здоровья персонала, занятого в строительстве трубопровода.

План включает ссылки на соответствующее законодательство и стандарты, а также меры контроля возможных опасностей и порядок действий в аварийной ситуации.

#### 10.1.2 Строительство вблизи от другого оборудования и хозяйственных объектов

Перед началом сооружения трубопровода необходимо выявить те хозяйственные объекты, которые могут быть повреждены по причине проводимых строительных работ.

Временные распоряжения и меры безопасности определяются при непосредственном участии владельцев данного оборудования, которые своевременно оповещаются о предстоящих строительных работах.

**ПРИМЕРЫ:** постороннее оборудование и объекты хозяйственного назначения включают шоссе, железные дороги, водотоки, тропинки, трубопроводы, кабели, здания.

### **10.1.3 Строительные машины и оборудование, плавучее морское основание**

Перед сооружением и во время строительных работ необходимо произвести технический осмотр всех важнейших строительных машин, оборудования и морских плавучих оснований и определить их готовность к работе в заданных условиях.

### **10.1.4 Транспортировка и погрузка-разгрузка материалов**

Транспортировка, хранение, погрузка-разгрузка и монтаж материалов для трубопровода должны проводиться с наименьшим ущербом для труб, арматуры, деталей и покрытия. Процедуры транспортировки и погрузки-разгрузки определяют необходимость использования того или иного оборудования, а также требования к укладке.

ПРИМЕЧАНИЕ: API RP 5LW и API RP 5L1 обеспечивают руководство по транспортировке трубопровода.

## **10.2 Подготовка трассы наземного трубопровода**

### **10.2.4 Инспекция на месте прокладки трассы**

После получения разрешения на прокладку трассы и перед началом сооружения необходимо произвести осмотр существующих условий по всей рабочей ширине трассы трубопровода. В отчёте по проведённому обследованию необходимо указать наличие и состояние всех посторонних хозяйственных объектов, которые могут быть затронуты предстоящими строительными работами, а также зарегистрированный факт обоюдного согласия всех заинтересованных сторон на проведение строительных работ.

### **10.2.5 Трассовые изыскания и маркировка**

Непосредственно перед строительными работами необходимо произвести изыскания и маркировку трассы, рабочей ширины, погребённых и надземных конструкций. Маркировка должна поддерживаться в надлежащем состоянии в течение всего периода строительных работ.

### **10.2.6 Подготовка рабочей ширины**

Ограждения, поставленные по всей рабочей ширине, обеспечивают безопасность и охрану от вторжения крупного рогатого скота. Все связанные с рабочей шириной ограничения и предосторожности определяются строительными техническими условиями.

Все связанные с рабочей шириной ограничения и предосторожности определяются строительными техническими условиями.

**ПРИМЕРЫ:** ограничения и меры предосторожности включают охрану особых деревьев, столбов; отделение верхнего слоя почвы; дренаж; защита от эрозии и размыва.

### **10.2.7 Взрывание**

Взрывные работы проводятся квалифицированным персоналом в соответствии с законодательством и требованиями к защите окружающей среды.

## **10.3. Подготовка трассы морского трубопровода**

### **10.3.1 Изыскания**

В дополнение к рекомендациям пункта 6.2.3 перед началом строительных работ проводится обследование морского дна по всей длине будущей трассы трубопровода с целью определения возможного риска, связанного со строительными работами или эксплуатацией будущего трубопровода.

### **10.3.2 Подготовка морского дна**

С целью обеспечить соответствие критерию прочности, указанному в пункте 6.4.2, необходимо проанализировать данные, полученные в ходе исследования морского дна и провести подготовку морского дна.

## **10.4 Сварка и соединение**

### **10.4.1 Технические требования к сварке**

Сварка системы трубопроводов проводится в соответствии со стандартом ISO 13847.

### **10.4.2 Контроль сварки**

Контроль сварных соединений в системе трубопроводов соответствует ISO 13847. Контроль сварки осуществляется перед испытанием под давлением, за исключением сварных соединений двух ниток трубопровода. Неразрушающий контроль кольцевых сварных швов проводится следующим образом:

- a) производится визуальный осмотр всех сварных швов;
- b) Минимум 10% ежедневно производимых сварных швов отбираются по случайной схеме и исследуются ультразвуковыми или рентгенографическими методами. Уровень 10% подходит для трубопроводов, находящихся на отдалённом расстоянии; трубопроводов, работающих при 20% от определённого минимального напряжения пластического течения SMYS, а также трубопроводов для транспортировки текучей среды, возможная утечка которой не угрожает жизни и здоровью обслуживающего персонала и не представляет опасности для окружающей среды. Другой процент протестированных швов, имеющий отношение к другим текучим средам и местам расположения, определяется в зависимости от внешних условий.

При обнаружении несоответствия сварки требуемым качественным характеристикам, необходимо испытать 100% всех сварных швов стопроцентном объёме. Стопроцентный объем испытательных образцов может быть последовательно сведён к 10-процентному минимуму, если обнаруживается однородность качества сварки.

с) 100% всех сварных швов подвергаются рентгенодефектоскопии в следующих случаях:

- трубопровод предназначен для транспортировки текучей среды категории С при окружном напряжении свыше 77% от минимального напряжения пластического течения SMYS;
- трубопровод предназначен для транспортировки текучей среды категории D при окружном напряжении, равном или превышающем 50% от SMYS;
- трубопроводный транспорт для текучей среды категории E;
- трубопровод, не подвергавшийся гидравлическому испытанию;
- линии трубопроводов, расположенные на территории с неблагоприятной экологической обстановкой;
- системы трубопроводов, расположенные в жилых районах, на территории торговых центров, промышленных и коммерческих районов;
- пересечение рек, озёр, течений, включая мостовые пересечения, путепровод;
- пересечения полосы отвода железных дорог или магистралей, включая тоннели, мосты; путепровод;
- морские и прибрежные воды;
- сварные соединения двух ниток трубопровода, не подвергавшиеся испытанию под давлением после установки.

Рентгенографическое и ультразвуковое обследование проводится по всей окружности сварного шва. Учитывается конфигурация соединения, толщина стенки и диаметр трубопровода.

Сварные швы должны соответствовать критерию приёмки, установленному в стандарте на сварку. Сварные швы, не удовлетворяющие данным требованиям, либо ликвидируются, либо ремонтируются и заново обследуются.

Все остальные сварные швы тщательно проверяются на соответствие ISO 13847.

### 10.4.3 Соединение вместо сварки

Несварочное соединение, т.е. соединение посредством других технологий выполняется согласно предписанному порядку.

## 10.5 Покрытия

### 10.5.1 Полевое покрытие

Покрытие с внешне приложенным полем должно удовлетворять требованиям пункта 8.4.

Подготовка поверхности трубопровода и прикрепление покрытия с помощью монтажного соединения по технологии (см.8.4.1), согласованной с поставленными

производителем данного покрытия условиями. Покрытие устанавливается квалифицированным персоналом.

### **10.5.2 Осмотр покрытия**

Во время монтажа трубопровода следует провести визуальный осмотр покрытия, чтобы убедиться в их соответствии стандарту на изделие и технологии приложения.

Перед укладкой трубопровода в траншею следует проверить всю поверхность покрытия электрическим детектором пропусков под напряжением, допустимым для данного покрытия. Отмеченные дефекты устраняются ещё до того, как трубопровод займёт своё окончательное положение. При обнаружении повреждения или нарушения связанности, покрытие удаляется. Производится замена покрытия, заменённое покрытие заново проверяется.

Покрытие соединённых веток трубопровода, а также особых конструкций и участков на пересечениях проверяются с помощью детектора пропусков перед установкой

## **10.6 Монтаж наземного трубопровода**

### **10.6.1 Укладка плетей трубопровода**

Укладка плетей трубопровода производится по утверждённой схеме, в которой определены ограничения доступа, а также допустимые нормы вмешательства в государственные и частные земельные владения, предписания относительно доступности по всей рабочей ширине.

### **10.6.2 Полевые изгибы трубопровода**

Трубы можно согнуть холодной гибкой на месте, чтобы обеспечить соответствие изгиба центровке трубопровода и топографическим условиям. Полевые изгибы создаются гибочными машинами, способными обеспечить необходимую опору для трубной крестовины с целью предотвращения выпучивания или потери устойчивости стенки трубопровода, а также сохранения целостности покрытия.

Минимальные радиусы загиба составляют не меньше, чем

- 20 D при наружном диаметре трубы OD меньше 200 мм;
- 30 D при наружном диаметре трубы от 200 мм до 400 мм;
- 40 D при наружном диаметре трубы от 200 мм до 400 мм.

Полевые изгибы могут иметь и более короткий радиус наклона при условии, если после изгиба овальность не превысит допустимые проектные нормы, толщина стенки не станет меньше, чем предусмотрено конструктивным решением, а свойства материалов соответствуют требованиям к прочности.

Изгибы не должны иметь ни единого следа механического повреждения типа трещин, выпучивания и т.д.

Если согнутая труба имеет диаметр свыше 300 мм, и соотношение между диаметром и толщиной стенки меньше, чем 70:1, следует воспользоваться внутренней оправкой.

Испытательное сгибание помогает удостовериться в том, что все требования выполнены.

Не следует подвергать сгибанию те трубы, кольцевые сварные швы которых находятся на расстоянии 1 м от предполагаемого изгиба. Продольные сварные швы должны располагаться около нейтральной линии полевых изгибов.

### **10.6.3 Экскавация**

Глубина покрытия должна быть достаточной, чтобы обеспечить покрытие, соответствующее требованиям 6.8.2.1

Боковые откосы траншеи обследуются с целью выяснения того, что необходимо применить для обеспечения безопасных условий эксплуатации – усиление или профилирование. Необходимо принять меры по борьбе с эрозией, которая является основной причиной неустойчивости траншеи.

Дно траншеи должно быть плоским, свободным от острых краёв и объектов, которые могут повредить трубопровод и его покрытие. Если это нереально, то следует применить прокладочный материал или механическую защиту труб. Любой прокладочный материал или механическая защита не должны применяться в качестве защитного устройства, препятствующего переходу на поверхность тока катодной защиты

Если траншея расположена рядом с другими подземными конструкциями, её присутствие не должно оказывать разрушающее воздействие на соседние конструкции. Наружная часть заглубленной трубы и крайняя точка другой подземной конструкции находятся на расстоянии 0,3 м как минимум. Невыполнение данного условия предполагает принятие мер по защите как трубопровода, так и смежной с ним подземной конструкции.

### **10.6.4 Спуск трубопровода**

Перед спуском следует убедиться в том, что дно траншеи освобождено от потенциально опасных объектов, а также выровнено для обеспечения равномерной поддержки трубопровода.

Оборудование или технологии погребения не должны причинит вред трубам ли покрытию. Порядок подъёма и спуска должны согласовываться с условием прочности, указанным в 6.4.2.

### **10.6.5 Засыпка**

Во избежание повреждения покрытия засыпка делается сразу после спуска.

Заводнённые траншеи осушаются или дренируются перед засыпкой. Если возникает необходимость засыпать затопленную траншею, нужно принять меры против того чтобы сжиженный материал для засыпки не сместил трубопровод с заданной позиции.

Предпочтение тех или иных материалов для засыпки и мер предосторожности зависит от того, насколько эффективно они защищают трубопровод и его покрытие.

Канализации для сточных вод и другие дренажные системы, работа которых была приостановлена, должны возобновить выполнение своих функций.

Выбор материалов для засыпки и технология установки обеспечивает целостность шоссе, тротуаров, обочин, берегов и им подобных областей, под которыми может быть проложена траншея. Если условия местности, грунта, воды допускают наличие эрозии, то устанавливаются барьеры, охраняющие от оползней и вымывания

### **10.6.6 Соединение двух ниток трубопровода**

Соединение двух ниток трубопровода осуществляется при контролируемом напряжении, согласованном с допустимым критерием прочности (см. 6.4.2). В порядок проведения данной процедуры входит учёт конфигурации трубопровода, планируемого движения трубопровода, разницы между рабочей температурой соединения и рабочей температурой во время будущей эксплуатации.

### **10.6.7 Восстановление**

Восстановление рабочей ширины, равно как и всех областей, затронутых строительством, производится согласно требованиям, обоснованным соответствующим законодательством и подтвержденных согласием землевладельца.

### **10.6.8 Пересечения**

Пересечения соответствуют требованиям 6. 2.1 и 10.1.2.

Если водоток пересекается открытым способом, следует обратить особое внимание на состав дна, варьирование берегов, скорость течения воды, водную эрозию, специфические сезонные проблемы. Работы выполняются таким образом, чтобы близлежащие участки земли не оказались затопленными.

Во избежание ударов повреждений или других условий, способствующих превышению допустимого уровня расчётного напряжения, во время установки следует принять все необходимые меры предосторожности.

Пересечения горизонтального направленного бурения соответствуют требованиям, характерным для пересечений такого типа:

- локализация и сброс бурового раствора;
- выбор износостойчивого антикоррозионного покрытия;
- инструменты для контроля бурового профиля, центрирования и тягового усилия;

### **10.6.9 Маркирование**

Маркеры местоположения трубопровода размещаются так, как указано в пункте 6.8.1.

## **10.7. Морские установки**

### **10.7.1 Эксплуатация в подводных условиях**

#### **10.7.1.1 Анкеры и позиционирование**

Система позиционирования снабжается резервными установками, таким образом, её возможный частичный отказ никак не отражается на других сооружениях или морских судах.

Для удержания строительного судна в определённой позиции используются якоря. Тип якоря должен быть указан на батиметрической карте. Особую важность имеет следующая информация:

- позиция каждого якоря и точка касания каждого каната при посадке;
- местоположение существующих линий трубопроводов и установок;
- вертикальный зазор между якорными канатами и трубопроводом;
- предполагаемый маршрут трубопровода и коридор для укладки;
- временные строительные работы;
- якоря, принадлежащие другим находящимся вблизи морским судам;
- позиция строительного судна;
- запретные анкерные зоны;
- поломки, разрушения.

Во избежание повреждения существующих установок необходимо обеспечить минимальный зазор между якорем, якорным канатом стационарным оборудованием, подводными установками и другими линиями трубопроводов.

Все якоря, транспортировка которых проходит поверх подводных установок или трубопроводов, закрепляются на палубе судна для установки якорей. Якорные лебёдки строительного судна должны быть оборудованы канатом и индикатором нагрузки.

#### **10.7.1.2 План работы в аварийной ситуации**

Перед началом работы необходимо подготовить план действия в аварийной ситуации. В него включаются указанные ниже пункты:

- покидание рабочего места;
- влажное или сухое выпучивание труб;
- потери покрытия;
- прекращение работы и подъём трубопровода со дна моря.

### **10.7.1.3 Уведомление**

Перед началом сооружения морского трубопровода необходимо предупредить о предстоящих работах операторов существующего трубопровода, который могут быть затронут предстоящими строительными работами. Необходимо уведомить береговую охрану, предупредить лиц, занимающихся рыбным промыслом и других пользователей морских угодий.

### **10.7.2 Системы съёмки и позиционирования**

Строительное судно, трубопровод и базисные пункты локальных позиционных систем позиционируются на горизонтальной поверхности типа береговой базы или основания-спутника. Система позиционирования должна быть рассчитана на точное размещение трубопровода в соответствии с конструктивными требованиями к допускам расположения, указанным в проектной документации. Операции, проводимые в перегруженной области, а также деятельность, требующая особой точности размещения предъявляют повышенные требования к точности определения позиции.

Оффшорная и береговая системы позиционирования должны коррелироваться между собой, если система трубопроводов пересекается с береговой линией.

### **10.7.3 Укладка труб**

Трубы должны быть упорядочены по длине таким образом, чтобы обеспечивалось соответствие расстоянию между рабочими площадками на трубоукладочном судне. Разброс по длине не должен становиться причиной срыва проводимых работ.

Системы укладки и натяжения должны функционировать без превышения критерия прочности (см.6.4.2) и не повреждать покрытие и аноды. Критические точки опоры трубопровода на стингере находятся под наблюдением видеоконтрольных устройств.

Во время укладки труб сокращение диаметра труб выявляется с помощью детектора прогибания. Детекторы должны быть приспособлены к обнаружению сокращения диаметра на 5% и выше.

Обеспечивается наличие инструментов мониторинга параметров, свидетельствующих о соответствии критерию прочности (см.6.4.2) или о превышении допустимых норм.

Трубопровод, установленный в надлежащее положение посредством буксирного затаскивания на дно, выше забоя или на поверхность, может быть оборудован дежурным и/или аварийным судном, препятствующему столкновению трубопровода на буксире с другим судном.

Строительные чертежи прокладки J-труб или укладки труб с помощью баржи с барабаном должны учитывать особые уровни напряжения и требования к натяжению, установленные для вышеуказанных технологий.

#### 10.7.4 Посадка

Посадка трубопровода с применением таких технологий, как протягивание трубопровода по дну, направленное бурение и др. не должна стать причиной превышения расчётным напряжением допустимого критерия прочности (см.6.4.2) или вызвать повреждение покрытия или анодов.

#### 10.7.5 Подводное рытьё траншей

Подбор глубины и профиля траншеи проводится таким образом, чтобы обеспечить защиту от напряжения, превышающего допустимый критерий прочности (см.6.4.2) во время работы по выкапыванию. Необходимо контролировать нагрузки, прикладываемые к трубопроводу во время рытья траншеи. С особой осторожностью следует подходить к приложению дополнительных нагрузок к затопленному трубопроводу. Обязательным является контроль крупного песка, гальки, осыпей, обломков и избыточных пролётов. Технологии рытья траншеи и соответствующее оборудование должны обладать такими характеристиками, как безопасность для покрытия трубопровода и анодов, и соответствие грунтовым условиям.

Траншейное оборудование для одновременной или последующей укладки обеспечивается средствами контроля и регистрации параметров, которые служат индикаторами соблюдения критерия прочности.

**ПРИМЕРЫ:** приемлемые в данных условиях методы рытья траншеи включают такие технологии, как гидромониторная прокладка, вспашка, механизированная резка каменистого твёрдого грунта, дноуглубительные работы.

#### 10.7.6 Засыпка

Контролируемое размещение материала для засыпки производится с максимальной осторожностью по отношению к трубопроводу и покрытию. Выполняются все необходимые требования к профилированию, покрову и выравниванию. Засыпка профилируется я таким образом, чтобы риск столкновения с рыболовецкими судами, равно как и препятствование любой другой деятельности третьих лиц сводился бы к минимуму.

#### 10.7.7 Пересечения с другими трубопроводами

Расположение, позиция и состояние другого трубопровода или кабеля определяется перед укладкой трубопровода, пересекающего эти препятствия.

Если в технических условиях указано наличие предварительно устанавливаемых опор, то перед установкой этих опор необходимо точно установить позицию другого трубопровода или кабеля и точку пересечения. В результате установки опор должно образоваться мягкое профильное сечение, способствующее минимизации риска повреждения другой конструкции от действия внешних сил – якорей или ловильного оборудования.

Система позиционирования на горизонтальной поверхности должна быть дополнена системой позиционирования на донной плоскости. По причине жёсткости допусков следует тщательно проконтролировать сооружение пересечений, чтобы убедиться в правильности положения конструкций.

### **10.7.8 Пролёты**

Трубопровод обследуется на наличие пролетов. Этот дефект нужно устранить, обеспечив соответствие критерию прочности, указанному в 6.4.2. Необходимо оценить эрозионный потенциал, а также проверить стабильность опор и надёжность импортированных материалов.

### **10.7.9 Соединение двух ниток трубопровода**

Во время сооружения соединённых ниток трубопровода напряжение удерживается на уровне соответствия условиям прочности, указанным в 6.4.2.

### **10.8 Чистка и замер**

После сооружения секции трубопровода очищаются скребками и другими устройствами от грязи, обломков и т.д.

Замерные устройства, которые проверяют овальность и наличие внутренних повреждений, должны проверить каждую секцию трубопровода непосредственно перед испытанием.

Диаметр мерной чашки составляет не меньше 95% от минимального номинального внутреннего диаметра трубы. Зазор между мерной чашкой и стенкой трубопровода не должен быть меньше 7 мм.

### **10.9 Технический отчёт**

По завершению строительства, пересечений, смежных конструкций, пролётов и дополнительных приспособлений.

### **10.10 Строительные технологии**

Документация в восстановимой и воспроизводимой форме, регистрирующая местоположение системы трубопроводов и содержащая её описание, должна быть подготовлена по окончании строительных работ. Документация включает следующее:

- технический отчёт;
- документы на выполненную сварку;
- план застройки и технические условия;
- методика строительства;

## **11 Испытание**

### **11.1 Общие положения**

Испытание под давлением проводится в соответствии с пунктом 6.7.

Число испытываемых интервалов должно быть ограничено.

При выборе испытываемых секций необходимо принять во внимание следующее:

- безопасность персонала, защита окружающей среды, других установок;
- последовательность строительных работ;
- местность, доступность;
- наличие и отведение воды для испытания.

Если во время испытания контрольная среда подвергается тепловому расширению, необходимо сбросить избыточное давление.

Оборудование для испытания под давлением изолируется от трубопровода на время проведения испытания.

Не следует использовать клапаны в качестве концевого затвора во время испытания под давлением, если они не рассчитаны на перепады давления, характерные для данного вида испытания. Устройства, которые используются в качестве концевого запорного элемента, должны обладать достаточной прочностью, позволяющей выдержать давление при испытании.

Временно установленные испытательные манифольды, временные уловители скребков, другие устройства для проведения испытаний, подсоединяемые к испытываемым отрезкам, проектируются и изготавливаются таким образом, чтобы они могли выдержать внутреннее расчётное давление трубопровода.

Такие индивидуальные компоненты и сборные конструкции, как ловушки для скребков, манифольды, сборные клиновые задвижки, трубы, при укладке пересекающие шоссе, железные дороги или течения; стояки, соединения двух ниток трубопровода могут быть подвергнуты предварительному испытанию в соответствии с требованиями данного международного стандарта. Предварительно испытанные сборные узлы тестируются под давлением, равным давлению при испытании всей системы трубопровода в целом.

### **11.2 Безопасность**

Запрещается выполнение любых операций с испытываемым трубопроводом или вблизи от него в период от повышения давления вначале испытания до понижения давления в конце испытания, за исключением тех случаев, когда эти операции выполняются в целях испытания.

С целью ограничения доступа к испытываемому трубопроводу необходимо разместить предупреждающие надписи и организовать наблюдение за трубопроводом по всему маршруту.

Определяя требования к безопасности проведения пневматического испытания, необходимо учитывать угрозу, которую заключает в себе сохраняемая в трубопроводе энергия.

При разгерметизации контрольной среды следует обеспечить безопасность общественности, строителей, а также смежных объектов и окружающей среды.

### **11.3 Методика**

#### **11.3.1 Письменные процедуры**

Письменные процедуры испытаний на прочность и плотность соединений составляются перед началом испытательных мероприятий и включают требования пункта 6.7, а также следующее:

- профиль и длина каждого испытываемого интервала при испытательном давлении, установленном для каждого конца испытываемого отрезка трубы;

**ПРИМЕЧАНИЕ:** профиль указывает сортамент труб и толщину стенки.

- требования к безопасности;
- требования к непрерывному контролю (см. 11.6 и 11.7);
- источник и состав воды для испытания, отведение воды для испытания;
- давление и продолжительность;
- оценка результатов испытания;
- обнаружение утечки.
- 

#### **11.3.2 Коммуникации**

На время проведения испытаний необходимо обеспечить связь между всеми оперативными пунктами.

#### **11.3.3 Качество воды**

Вода для испытания и промывки должна быть чистой и свободной от растворённых или взвешенных частиц, которые могут повредить материал трубы или внутренне покрытие (если оно есть), или образовать отложения в трубопроводе. По результатам анализа водной пробы по удалению или ингибированию вредных субстанций. Следует обеспечить защиту от внутренней коррозии (см. 9.2) и мониторинг внутренней коррозии (см. 9.6.2).

#### **11.3.4 Ингибиторы и добавки**

Если результаты гидравлических испытаний под давлением указывают на необходимость применения антиокислителей, поглотителей кислорода, биоцидов и

красителей, необходимо рассчитать побочные последствия взаимодействия этих веществ, их влияние на окружающую среду во время испытательной воды. Также необходимо учесть воздействие, которое выше названные вещества способны оказать на материал трубопровода.

### **11.3.5 Интенсивность заполнения**

Интенсивность заполнения должна регулироваться. Болванки и шары обеспечивают позитивный водно-воздушный контакт и минимизируют засасывание воздуха. Все места вовлечения воздуха типа корпусов клапанов и обводного трубопровода должны вентилироваться во время наполнения и герметизироваться перед началом гидравлического испытания.

Если трубопровод пересекает местность с крутыми склонами, необходимо защитить болванки и шары от движения впереди наливной линии, а также применения противодействия в качестве средства контроля скорости вышеназванных приспособлений.

### **11.3.6 Содержание воздуха**

Если содержание воздуха может отрицательно сказаться на точности проведения гидравлического испытания под давлением, то содержание воздуха должно быть вычислено, и полученную величину следует учесть при анализе результатов испытания.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** содержание воздуха оценивается путём построения графика зависимости давления от объёма в период начального наполнения и нагнетания давления с целью выявления определённого линейного соотношения между объёмом и давлением.

### **11.3.7 Стабилизация температуры**

Перед началом гидравлического испытания под давлением необходимо выделить время на то, чтобы температура воды после наполнения линии совпала с температурой окружающей среды.

### **11.3.8 Тепловой температурный эффект и корреляция**

Необходимо подготовить таблицы корреляционной зависимости давлений при испытании от изменений температуры, что позволит установить возможное различие между начальными и финальными давлениями и температурами при испытании.

### **11.3.9 Обнаружение утечки**

Методика обнаружения и определения места течи разрабатывается как часть технологии гидравлического испытания под давлением.

#### 11.4 Критерий приёмки

Испытание под давлением должно соответствовать требованиям пункта 6.7.

#### 11.5 Испытание соединений двух ниток трубопровода

Сварные швы соединений двух ниток трубопровода, не подвергавшиеся испытанию на прочность после завершения процедуры соединения, должны быть обследованы согласно пункту 10.4.2 с) или посредством другой методики осмотра, если рентгенодефектоскопия или ультразвуковая дефектоскопия не представляются возможными.

Неприваренные соединения двух ниток трубопровода, не испытанные под давлением, после сооружения должны подвергнуться испытанию на герметичность в эксплуатационном режиме при максимальном давлении, не превышающем максимально допустимое рабочее давление.

#### 11.6 Испытательное оборудование

Оборудование для гидравлического испытания должно включать следующее:

- грузопоршневой манометр или другое устройство с эквивалентной точностью измерения;
- манометр;
- оборудование для измерения давления;
- оборудование для измерения температуры;
- оборудование для замера давления и температуры;

Необходимо иметь в наличии паспорта всех приборов.

#### 11.7 Протокол испытания

Протокол испытания хранится в течение всего расчётного срока службы трубопровода. Содержит ниже указанные данные:

- техника испытаний;
- перепады давления и изменение объёма каждые полчаса за период времени проведения испытания;
- температура морской воды, температура воздуха и температура под землёй (если возможно), а также ежечасные погодные условия;
- диаграмма регистрирующего манометра;
- проверка средств измерений;
- имя оператора системы трубопровода;
- имя лица, ответственного за проведение испытаний;
- название компании-испытателя, если имеется;
- дата и время проведения испытаний;
- минимальное и максимальное давление при испытании на испытательном стенде;
- контрольная среда;
- продолжительность испытания;

- роспись в акте приемки после испытания;
- описание испытываемого приспособления и испытательного оборудования;
- разъяснение скачков давления и разрушений во время испытания, которые обнаруживаются на диаграмме самописца;
- места, где разность уровней на испытываемом участке превышает 30 м, профиль трубопровода должен указывать подъёмы уровня, а также испытательные стенды по всей длине испытываемого интервала.

### **11.8 Отведение жидкостей для испытания**

Отведение жидкостей для испытания производится таким образом, чтобы не наносить ущерб окружающей среде и здоровью населения.

### **11.9 Меры по защите трубопровода после испытания**

Не следует оставлять в трубопроводе жидкость для испытания по завершении данного мероприятия, если только не были приняты меры, указанные в пункте 9.2.

Если испытание проводится в местности с холодным климатом необходимо предотвратить замерзание воды, которая используется в качестве контрольной среды.

## **12 Пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию**

### **12.1 Общие требования**

Необходимо установить порядок проведения пуско-наладочных работ и ввода в действие. Процедуры должны учитывать характеристики жидкости, необходимость изоляции трубопровода от смежных приспособлений, передачу смонтированного трубопровода лицам, ответственным за его эксплуатацию.

Пуско-наладочные работы и процедуры ввода в эксплуатацию должны гарантировать полную совместимость с материалами, из которых изготовлены детали трубопровода.

### **12.2 Процедуры чистки**

Необходимо предусмотреть дополнительную очистку труб и деталей (сверх требований пункта 10.8). Дополнительная очистка требуется для удаления следующих веществ:

- частицы, включая остатки от испытания и вторичные окалины;
- металлические частицы, препятствующие адекватной интерпретации результатов автоматизированной чистки трубопровода;
- химические остатки от ингибирования воды для испытания;
- организмы, поступающие с водой для испытания;
- строительное оборудование подобно изоляционным сферам, используемым для соединения двух ниток трубопровода;

Выделяют следующие процедуры очистки трубопровода:

- защита деталей от повреждения очищающими жидкостями или устройствами;
- удаление частиц, загрязняющих жидкость;
- удаление механических частиц, которые могут повредить автоматизированные чистящие устройствами.

### **12.3 Процедуры высушивания**

Отбор методики высушивания проводится исходя из обязательного соответствия сушки требованиям к качеству транспортируемой жидкости.

Критерий сухости устанавливается, как точка росы. Техника высушивания включает следующее:

- совместимость с качественными характеристиками транспортируемых жидкостей;
- воздействие, оказываемое сушильной текучей средой и сушильным оборудованием на уплотнение клапана, внутренне покрытие трубопровода и другие компоненты;
- коррозионный потенциал, причиной которого является комбинирование свободной воды и сушильной жидкости, особенно коррозионный потенциал  $H_2S$  и  $CO_2$ ;
- Удаление воды и сушильной жидкости из полости клапанов, усадочных раковин ответвлений трубопроводов других пустот в системе трубопроводов, в которых может накапливаться жидкость;
- Образование гидратной пробки во время ввода в эксплуатацию.

**ПРИМЕРЫ:** методика высушивания включает свабрирование сушильными жидкостями или гелями; продувка воздухом или азотом, вакуумная сушка, использование транспортируемой жидкости.

### **12.4 Функциональное тестирование оборудования или систем**

Частью программы ввода в эксплуатацию является функциональное тестирование всей контрольной аппаратуры и систем регулирования. Особенно это касается таких систем безопасности, как устройства блокировки уловителей для скребков, системы контроля потока и давления, системы аварийной остановки. Перед началом транспортировки жидкостей необходимо провести финальное испытание трубопроводной арматуры, чтобы убедиться в её готовности к правильному функционированию.

### **12.5 Документация**

Документы на пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию, которые сохраняются на протяжении всего расчётного срока службы трубопровода, содержат следующую информацию:

- процедуры чистки сушки;

- результаты чистки и сушки;
- протокол функционального испытания контрольной аппаратуры и систем регулирования.

## **12.6 Технология запуска и введения жидкостей для транспортировки**

Письменный порядок ввода в действие подготавливается перед введением жидкости для транспортировки. В письменных процедурах указаны нижеследующие требования:

- механическая законченность и операциональность системы;
- все функциональные испытания должны быть пройдены, по завершении испытаний должны быть составлены акты приёмки-сдачи;
- все необходимые системы безопасности должны находится в операциональном состоянии;
- наличие техники эксплуатации;
- формирование системы коммуникации;
- формальная процедура передачи готовой системы трубопроводов лицам, ответственным за её управление.

Во время заполнения трубопровода жидкостью скорость наполняемости должна контролироваться, и давление жидкости не должно выходить за пределы допустимых норм.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Для отдельных жидкостей скорость наполнения может быть критической, что необходимо для предотвращения детонации, расслоения газов, неустойчивой пыльной атмосферы и т.д.

Противодавление в трубопроводном транспорте для текучей среды должно быть таким, чтобы вероятность образования гидравлической пробки во время наполнения исключалась.

Во время наполнения следует периодически проверять трубопровод на наличие течи.

## **13 Эксплуатация, техническое обслуживание и ликвидация**

### **13.1 Управление**

#### **13.3.1 Цели и основные требования**

Разработка и применение системы управления направлены на реализацию следующих целей:

- обеспечение безопасной эксплуатации системы трубопровода;
- гарантированное соответствие проектной разработке;
- борьба с коррозией;
- безопасность и эффективность технического обслуживания, модификации и ликвидации;
- эффективность модификации и оперативность урегулирования инцидентов.

Система контроля включает в себя следующие факторы:

- назначение лиц, ответственных за управление трубопроводом и его содержание;
- письменный план контроля изменения расчётных условий.

Кроме того, в системе управления должны быть обозначены требования к обучению персонала, взаимодействию с третьей стороной и сохранению регистрационных записей и протоколов.

Эксплуатация, техническое обслуживание и модификация проводятся согласно плану.

Система управления должна периодически адаптироваться к изменяющимся условиям среды и рабочего режима.

### **13.1.2 Планирование работы трубопровода и его технического обслуживания**

Данный план включает

- технику эксплуатации и обслуживания;
- требования к коммуникации персонала;
- планирование программ эксплуатации и технического обслуживания, выходящих за рамки общепринятого порядка;

Порядок операций и технического обслуживания определяют:

- индивидуальные и функциональные обязанности и задачи;
- меры предосторожности;
- границы раздела с другими системами трубопроводов и установками, разрабатываются с согласия владельцев данного оборудования;
- ссылки на используемые нормы, правила и руководства;
- операции, граничащие с другими системами и установками, должны проводиться с согласия владельцев данного оборудования;

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в приложении E содержится руководство, раскрывающее возможное содержание техники эксплуатации и содержания.

### **13.1.3 План быстрого реагирования в аварийной ситуации**

В плане быстрого реагирования в аварийной ситуации содержатся требования к обучению персонала и действиям, которые должен предпринять обслуживающий персонал в экстремальной ситуации.

Эффективность планирования демонстрируется в ходе испытаний на месте установки или на испытательном стенде в смоделированных условиях аварийной ситуации. Условия моделируются при участии владельцев граничащего оборудования или

трубопровода, организаций или частных лиц, заинтересованных в подобных мероприятиях и готовых внести свой вклад в ликвидацию возможной аварии.

Следует проанализировать причины возникновения аварийной ситуации и принять меры по минимизации риска её повторного появления.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в приложении E имеется руководство, раскрывающее порядок действий в аварийной ситуации.

#### **13.1.4 Разрешение на проведение работ**

В данной системе определяются виды тех или иных работ, назначается персонал, уполномоченный выдавать разрешение на производство, равно как и назначается персонал, ответственный за принятие мер по обеспечению безопасности.

В рамках системы разрешения на производство работ выделяются следующие требования:

- Инструктаж по выдаче разрешения и его использованию;
- Критическая оценка эффективности системы выдачи разрешения на производство работ;
- Информирование персонала, ответственного за контроль системы трубопроводов о производимых работах и мерах по обеспечению безопасности;
- Демонстрация разрешений;
- Контроль перекачки по трубопроводу трубопровода в случае временной приостановки работ;
- Передача полномочий сменному персоналу.

Разрешение на производство работ должно

- определить объём, качество, место и время проведения работ;
- выявить потенциальные аварии и определить меры по обеспечению безопасности;
- санкционирование производства работ.

#### **13.1.5 Обучение**

Обучение включает:

- Знакомство с системой трубопровода, оборудованием, потенциальной опасностью, которую представляет транспортируемая текучая среда, техникой эксплуатации и содержания трубопровода;
- Использование разрешений на производство работ;
- Использование защитного и противопожарного оборудования;
- Оказание первой помощи;
- Порядок действий в чрезвычайной ситуации;

### **13.1.6 Сотрудничество**

Необходимо поддерживать контакт со следующими организациями и частными лицами:

- пожарная бригада, милиция, береговая охрана, другие аварийные службы;
- распорядительные органы и власти;
- руководители предприятий общественного пользования;
- операторы трубопроводов, подсоединённых, пересекающих или находящихся вблизи от данного трубопровода;
- представители от населения, проживающего недалеко от данного трубопровода;
- владельцы и арендаторы земель, пересекаемых данным трубопроводом;
- третьи лица, чья деятельность оказывает влияние на состояние трубопровода или подвергается влиянию данного трубопровода.

Карты маршрута трубопровода предоставляются местным властям, а также специальным организациям, занимающимся сбором информации о подземных установках.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** речь идёт об организациях подобно справочному бюро, которые, получив уведомление о предстоящих строительных работах, консультирует по вопросу наличия на территории проведения будущих работ подземного оборудования. Местное законодательство может оговаривать в качестве особого условия требование к получению информации о наличии подземных сооружений на месте будущего строительства.

### **13.1.7 Документы**

Документирование эксплуатации и технического обслуживания производится в ниже следующих целях:

- Доказать, что система трубопровода функционирует и содержится в полном соответствии с запланированной эксплуатацией и техническим обслуживанием;
- На примере соответствующей информации доказать эффективность планирования работы трубопровода и его технического обслуживания;
- Обеспечить информацию, необходимую для оценки целостности системы трубопровода.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в приложении F содержится руководство по сохранению документов.

## **13.2 Операции**

### **13.2.1 Контроль параметров жидкости**

Техника эксплуатации включает в себя запроектированный рабочий режим, технические требования и контроль коррозии. Контроль параметров жидкости способствует правильной работе трубопровода.

Техника эксплуатации многопродуктовой системы трубопровода включает требования к обнаружению, отделению и прогнозированию поступления партий различных продуктов.

Техника эксплуатации многопродуктовой системы трубопроводов включает контроль задержки перекачиваемых жидкостей или газов, а также свободный объём в ловушке для конденсата.

Все отклонения от плана эксплуатации анализируются и указываются в отчете. Принимаются меры по минимизации риска повторного появления подобных ситуаций.

### **13.2.2 Станции и конечные станции**

Техника эксплуатации станций и конечных станций, требования к включению и выключению оборудования, а также к периодическому испытанию оборудования, контрольных приборов, устройств аварийной сигнализации и защиты.

### **13.2.3 Очистка скребками**

Техника очистки скребками включает нижеследующие требования:

- подтверждённый факт отсутствия препятствия для прохождения скребков;
- контроль скорости хода скребков;
- безопасная изоляция уловителей для скребков;
- аварийная ситуация застревания скребка.

### **13.2.4 Вывод из эксплуатации**

Удаление флюида из трубопровода, на продолжительное время выводимого из эксплуатации, производится согласно пункту 13.3.7.

Выведенные из эксплуатации трубопроводы, за исключением ликвидированных, обеспечиваются необходимым сервисом и катодной защитой.

### **13.2.5 Возобновление эксплуатации**

Перед возобновлением эксплуатации следует убедиться в том, что трубопровод находится в рабочем состоянии, и подтвердить сохранность его целостности.

Наполнение линии производится согласно 12.6.

## **13.3 Техническое обслуживание**

### **13.3.1 Программа технического обслуживания**

Разработка и реализация программы технического обслуживания направлена на контроль состояния трубопровода и сбора данных для оценки его целостности. При

определении требований к диагностическому контролю технического состояния необходимо учитывать ниже перечисленные факторы:

- проект системы трубопроводов;
- состояние непосредственно после производства;
- результаты предыдущих проверок;
- ожидаемое ухудшение состояния трубопровода;
- неблагоприятные местные условия;
- временные интервалы между проверками;
- требования соответствующего законодательства и властей;

**ПРИМЕРЫ:** возможное ухудшение состояния трубопровода включает общую и точечную коррозию, изменение геометрии стенки трубопровода (овальность, сморщивание, вмятины, канавки), растрескивание (образование трещины от коррозии под напряжением и усталостное растрескивание), изменение положения трубопровода, опора покрова, потери утяжеляющего покрытия.

Дефекты, повреждения и сбой в работе подлежат анализу и оценке. Для сохранения надлежащей целостности требуется принятие соответствующих мер по устранению нарушений.

Программа технического обслуживания охватывает всю систему трубопроводов в целом, включая противопожарное оборудование, подъездные пути, здания, средства обеспечения безопасности типа ограждений, барьеров, ворот; средства идентификации трубопровода, деталей, перегоняемых жидкостей, а также знаки оповещения. Особое внимание уделяется защитному оборудованию и средствам обеспечения безопасности.

### **13.3.2 Управление трассой**

#### **13.3.2.1 Общие положения**

Трасса трубопровода, включая трассу наземного трубопровода, должна периодически инспектироваться или обследоваться на предмет обнаружения факторов, представляющих угрозу для безопасной эксплуатации трубопровода. Результаты обследования регистрируются и проверяются

#### **13.3.2.2 Наземный трубопровод**

Трасса содержится таким образом, чтобы обеспечивалась доступность трубопровода и относящихся к нему приспособлений. Указатели гарантируют четкое обозначение пролегания трассы трубопровода. При необходимости можно установить дополнительные указатели в районах новых разработок.

Обследования выявляют:

- наступления;
- механическое повреждение наземных и открытых секций трубопроводов и утечки;
- деятельность третьих лиц;

## ISO 13623:2000(E)

- перемены в землепользовании;
- пожар;
- добыча полезных ископаемых;
- сдвигание пород;
- эрозия почвы;
- состояние пересечений воды: достаточность покрова, накопление обломков, повреждение от стихийного бедствия или заводнения;

Требования к осмотру трассы морских трубопроводов (см.13.3.2.3) также применимы к секциям наземного трубопровода, при прокладке пересекающего большие реки и эстуарии.

### 13.3.2.3 Морской трубопровод

В ходе обследования морского трубопровода и морского дна выявляются

- механические повреждения трубопровода, включая течи;
- смещение трубопровода;
- масштабы обрастания морскими организмами;
- состояние морского дна, включая присутствие инородных объектов;
- пролёты трубопровода;
- масштабы потерь покрова у погребённых или защищённых секций;
- размеры потери утяжеляющего покрытия;
- масштабы береговой эрозии и или отложений веществ;
- безопасность оснастки трубопровода, включая аноды и крепёжные детали у комбинированных трубопроводов.

### 13.3.3 Механическое состояние трубопровода

#### 13.3.3.1 Борьба с коррозией

В программу технического обслуживания входят требования к контролю коррозии (см. пункт 9).

Следует периодически проверять эффективность действия ингибиторов коррозии.

#### 13.3.3.2 Неблагоприятные условия грунта и вибрации

За территорией с неблагоприятными условиями грунта осуществляется технический надзор (см. 6.10).

Необходимо обеспечить защиту трубопровода и смежных устройств, находящихся в непосредственной близости от места проведения взрывных работ, являющихся причиной вибрации грунта и вызывающих нарушение целостности системы трубопроводов. Необходимо установить показатель максимально допустимого воздействия на трубопровод.

### 13.3.4 Обнаружение течи и обследование

Эффективность системы обнаружения утечки периодически проверяется с целью подтверждения факта её соответствия требованиям 5.5. Документируются все сигналы о неисправности и течи, что позволяет адекватно оценить эффективность системы. Если это возможно, следует провести испытания на герметичность. Избранный тип испытания должен эффективно выявлять утечку потенциально опасной жидкости.

### 13.3.5 Приспособления, оборудование и детали трубопровода

#### 13.3.5.1 Надземная сеть трубопроводов и надземные пересечения

Надземная сеть трубопроводов и опоры труб проверяются на наличие коррозии, механической целостности, стабильности и разрушения бетона. Необходимо поддерживать в нормальном состоянии барьеры, ограничивающие доступ к трубопроводу.

#### 13.3.5.2 Клапаны

Клапаны следует периодически проверять, передвигать и/или испытывать. Если трубопровод задействуется на полную мощность, особое внимание следует обратить на допустимый уровень падения давления. Клапаны с дистанционным управлением и приводы должны испытываться на расстоянии. От них зависит правильность работы системы в целом.

Сосуды под давлением, связанные с приводом гидро - и пневмораспределителя периодически проверяются и испытываются.

#### 13.3.5.3 Защитные устройства

Защитные устройства, включая приводы, инструменты и системы контроля, периодически обследуются и испытываются.

Обследования и испытания включают

- состояние;
- подтверждение правильности установки и надёжности защиты;
- точная настройка и запуск;
- проверка течи.

**ПРИМЕРЫ:** подобные устройства включают приоры контроля давления и защиты от избыточного давления, изоляцию в аварийной обстановке, быстросоединяемый/быстрорасчлняемый соединитель, контроль уровня жидкости в резервуаре для хранения и т.д.

Предохранительные отклоняющие клапаны, включая регулирующие клапаны и смежные системы контроля, периодически подвергаются осмотру и испытанию с целью подтверждения факта правильности работы системы, равно как и факта приемлемой величины скорости разгерметизации клапана.

#### **13.3.5.4 Уловители скребков и фильтры**

Уловители скребков и фильтры с быстросоединяемыми затворами вместе со связанным с ним оборудованием, поддерживаются таким образом, чтобы запирающий механизм подвергался периодической проверке и испытанию.

Временные или передвижные уловители должны непосредственно перед использованием обследоваться на наличие признаков механического повреждения, полученного во время транзита или установки.

#### **13.3.5.5 Контрольно-измерительные приборы**

Контрольно-измерительные приборы, телеметрические системы и системы сбора, визуализации и хранения данных, насущно необходимые для безопасной работы системы трубопроводов – всё это должно быть проверено, испытано, откалибровано и обеспечено необходимым сервисом.

Порядок технического обслуживания охватывает также и контроль временно бездействующей измерительной аппаратуры.

#### **13.3.5.6 Стояки трубопровода**

Морские стояки время от времени проверяются, причём особое внимание уделяется секциям, находящимся в зоне периодического смачивания. Обследование охватывает нижеуказанные моменты:

- состояние стояка, включая потери толщины стенки, особенно под трубными зажимами и направляющими;
- состояние противоударной и противопожарной защиты, защитных покрытий, анодной плакировки;
- состояние фланцев и сцеплений стояка;
- состояние зажимных приспособлений и опорных конструкций;
- смена позиций стояка;
- масштабы обрастания морскими организмами;
- борьба с коррозией в закрытых J-трубах или кессонах.

### 13.3.5.7 Обсадные колонны из муфтовых труб

Обследование секций в муфтах или рукавах охватывает нижеперечисленные моменты:

- состояние трубопровода и обсадных труб;
- электрическая изоляция между трубопроводом и обсадными трубами;
- утечка из обсадной колонны под давлением или в неё.

### 13.3.5.8 Резервуары для хранения

Складские резервуары под барометрическим давлением обследуются с целью выявления следующих параметров:

- устойчивость оснований;
- состояние дна резервуара, корпуса, лестниц, крыши, сварных швов;
- дренажное оборудование и оборудование для предохранительного клапана;
- состояние противопожарных перегородок и предохранительных валов;
- состояние и блокировка дренажных линий.

### 13.3.5.9 Трубопровод в условиях низких температур

Обследование трубопровода в условиях низких температур включает

- согласованность требований к техническому надзору с 6.10;
- обследование во время и после вскрытия ледяного покрытия с целью проверки пучения и водной эрозии;
- периодическое наблюдение за трубопроводом, открытым для ветровой вибрации, особое внимание уделяется кольцевым швам и резьбовым соединениям;

## 13.3.6 Повреждение трубопровода

### 13.3.6.1 Первоначальные действия

При обнаружении повреждения следует сохранять давление в трубопроводе на том же уровне, который имел место в момент выявления повреждения и чуть ниже данного уровня. Предварительная оценка даётся компетентным лицом. В случае выявления опасного условия необходимо принять соответствующие меры.

### 13.3.6.2 Дефектоскопия

Следует с большой осторожностью отнестись к подготовке и проведению осмотра повреждённого трубопровода или трубопровода под давлением во избежание неожиданного отказа в работе. Следует рассмотреть возможность снижения рабочего давления трубопровода до условий окружающей среды, например, когда водолазам поручено проверить подводный трубопровод, или же снизить давление до пределов допустимого, избегая при этом разрыва трубопровода.

Необходимо определить порядок оценки дефектов и повреждений трубопровода.

Нет необходимости предпринимать какие-либо корректирующие действия в отношении повреждений, допущенными техническими условиями и рассматриваемыми в качестве дефектов изготовления.

Что касается других дефектов, то по результатам оценки выявляется их приемлемость или определяются требования к снижению допустимого давления, ремонту или другим корректирующим действиям. Оценка включает анализ следующих факторов:

- управляющие и нормативные данные, включая ориентацию дефекта и близость к сварным швам или зоне термического влияния;
- детали технических норм на проектирование и технические требования производителя;
- актуальные механические и химические свойства материалов трубопровода;
- возможные виды отказа в работе;
- возможное усугубление дефекта;
- эксплуатационные и экологические параметры, включая воздействие на операции по очистке труб скребками;
- последствия отказа в работе;
- контроль дефектов, если возможно.

### **13.3.7 Ремонт и модификация трубопровода**

#### **13.3.7.1 Общие положения**

Порядок проведения ремонта включает выбор техники ремонта и непосредственное выполнение ремонтных работ. Ремонт направлен на восстановление целостности в повреждённых или дефектных местах.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** выделяют следующие виды дефекта или повреждения: дефекты стенки трубопровода (трещины, включая трещинообразование от коррозии под напряжением и усталостное растрескивание, выемки, вмятины, коррозия, дефекты сварки, расслоение); дефекты трубного покрытия (потери бетонного покрытия и др.), разрушение опор (пролёты трубопровода); сдвигание труб (излом, вспучивание грунта от мороза или оползни могут стать причиной прогибания, трещинообразования и дентинга).

#### **13.3.7.2 Изоляция трубопровода**

При выборе методики изоляции следует обращать внимание на нижеперечисленные факторы:

- опасности, связанные с текущей средой;
- обеспечение необходимой эксплуатационной готовности системы трубопроводов;
- длительность работы;
- резервирование “избыточной” изоляции;
- возможное воздействие на материалы трубопровода;
- изоляция объединённых спускных патрубков, контрольно-измерительных приборов, тупиков.

**ПРИМЕРЫ:** изоляционная техника включает применение передвижной катушки, заглушек, клапанов, замораживающих труб, замораживающего блокирования, канатной робки, скребков с высокой силой трения, пробок из инертной жидкости.

### **13.3.7.3 Продувание и факелы**

При проектировании вентиляционной системы и сжигания в факелах необходимо учесть нижеперечисленные опасности и ограничения:

- удушающее действие сбрасываемых газов;
- возгорание газов под воздействием блуждающих токов статического электричества и других потенциальных источников воспламенения;
- ограничение уровня шума;
- опасность передвижения летательных аппаратов, особенно вертолётов, вблизи от оффшорных установок и станций;
- гидратные образования;
- охлаждение клапана;
- охрупчивание стального трубопровода;

### **13.3.7.4 Дренаж**

Жидкости можно откачать насосом или удалить из трубопровода водой или инертным газом. При планировании дренажа следует учесть ниже перечисленные опасности и ограничения:

- удушающий эффект инертных газов;
- защита приёмных устройств от избыточного давления;
- дренаж полостей клапанов, тупиков и т.д.;
- отведение жидкостей и загрязнённой воды;
- эффект плавучести, возникающий при вытеснении жидкостей газами;
- эффект компрессии, который приводит к возгоранию жидкостного пара;
- воспламеняемость жидкостей при увеличении давления;
- неожиданный выпуск застрявших скребков.

### **13.3.7.5 Продувка**

При подготовке к данному мероприятию следует принять во внимание нижеуказанные факторы:

- Удушающий эффект газов, используемых для продувки;
- Минимизация объёмов выпуска в атмосферу огнеопасных или токсических жидкостей или газов;
- Сжигание, загрязнение продуктов или коррозия по причине повторного ввода жидкостей или газов.

### 13.3.7.6 Холодная резка или бурение

Техника холодной резки или бурения предусматривает меры по предотвращению неожиданного испускания или возгорания жидкости, равно как и возникновение других опасных ситуаций.

Там, где это возможно, обрабатываемая секция трубопровода должна быть изолирована и разгерметизирована с помощью вентилирования, сжигания в факеле или дренажа, и подвергнута продувке.

Необходимо обеспечить временную электропроводимость в местах предполагаемого разрыва в электропроводящем трубопроводе перед образованием такого разрыва.

### 13.3.7.7 Горячая обработка

Перед проведением горячей обработки действующего трубопровода необходимо учесть следующее:

- возможные физико-химические реакции, включая сжигание флюида или его остатков;
- тип, свойства и состояние материала трубопровода, толщина стенки в месте проведения горячей обработки;
- возможная коррозия труб и сварных швов.

Перед началом сварочных работ необходимо убедиться в правильности избранной техники сварки и подтвердить наличие соответствующей квалификации и сварщика.

Все сварные швы обследуются в процессе и по завершении сварки.

Перед введением жидкости или газа следует провести испытание на прочность сварных швов рукавов, фитингов, башмаков ноги нефтяной вышки и т.д.

## 13.4 Изменение условий проектирования

### 13.4.1 Контроль изменения условий

План контроля изменений содержит требования к задокументированному порядку внесения изменений в условия проектирования.

Необходимо обеспечить соответствие пересмотренных условий проектирования системы трубопровода требованиям международного стандарта, например, согласовать увеличение максимально допустимого рабочего давления МАОР или смену текучей среды.

Документация, требуемая данным международным стандартом, обновляется с учётом изменений, внесённых в условия проектирования.

### 13.4.2 Рабочее давление

Превышение максимально допустимого давления может потребовать проведения дополнительной гидравлической опрессовки, обследования катодной защиты и принятия других мер с целью обеспечить соответствие требованиям данного международного стандарта. Контролируемое повышение рабочего давления позволит выделить достаточное количество времени на контроль все системы трубопровода.

Если трубопровод постоянно эксплуатируется при пониженных давлениях, и невозможно обеспечить последовательное повторное подведение этих давлений к трубопроводу, необходимо сохранять все точные данные и дополнительные расчёты с целью регистрации всех изменений.

### 13.4.3 Изменение эксплуатационных характеристик

Перед тем, как внести изменение в сервис, включая смену текучей среды, необходимо получить доказательство того, что принципы конструкции трубопровода его целостность не входят в противоречие с нововведённой функцией. Перед внедрением изменённых условий сервиса необходимо проанализировать документацию изготовителя, а также данные по эксплуатации и техническому обслуживанию. Необходимо оценить следующие данные:

- оригинальный проект трубопровода, сооружение, проверка, испытание. Особое внимание уделяется используемой технологии сварки, другим способам соединения, внутренним внешним покрытиям, трубам, арматуре и другим материалам;
- все имеющиеся документы по эксплуатации и техническому обслуживанию, включая практику борьбы с коррозией, обследование, модификацию, аварии и ремонтные работы.

### 13.4.4 Новые пересечения и разработки

Соблюдение требований прочности (см.6.4) является обязательным в условиях пересечения нового шоссе, железной дороги или другого трубопровода. Необходимо оценить влияние нового пересечения на существующую катодную защиту.

Необходимо дать оценку возможному влиянию новых разработок, проводимых в непосредственной близости от трубопровода.

### 13.4.5 Движение работающего трубопровода

Планирование движения работающего трубопровода включает нижеуказанный анализ и подготовительные работы:

- анализ нагрузок, прикладываемых к трубопроводу, который должен подтвердить возможность передвижения трубопровода без перенапряжения;
- подтверждение предположительных данных о состоянии трубопровода.
- разработка методики, определяющей рабочий режим во время передвижения, а также принятие мер по защите обслуживающего персонала и окружающей среды.

### 13.4.6 Испытание модифицированного трубопровода

Все сборные конструкции фабричного изготовления, включая катушки, должны быть испытаны под давлением в соответствии с 6.7. Испытание можно провести перед монтажом.

Механические соединения в деталях трубопровода под давлением, которые были отсоединены или нарушены, должны быть испытаны на герметичность. Соединения не должны иметь признаков разгерметизации во время испытания.

С целью минимизации возможного риска на месте необходимо обеспечить ниже указанную контрольную среду для испытания:

- a) вода;
- b) нормальная текучая среда (жидкость);
- c) инертный газ, например азот (если возможно, то с элементом-индикатором);
- d) нормальная текучая среда в трубопроводе (газ).

Модификации, включающие сварные соединения двух ниток трубопровода, должны быть проверены на соответствие с пунктом 11.5, если они не подвергались испытанию под давлением. Трубопровод с маленьким диаметром и вторичный трубопровод (см. 7.8.2) должны быть испытаны с тем, чтобы удостовериться в целостности всех соединений.

### 13.5 Закрытие

Вывод из действия системы трубопроводов, предназначенной для закрытия, производится в соответствии с 13.2.4. Эти системы трубопроводов отсоединяются от других частей системы трубопровода, остающейся в действии.

Закрытые секции находятся в безопасном состоянии.

## Дополнение А (нормативное)

### Оценка безопасности трубопровода

#### А.1 Введение

В дополнении А содержится руководство по планированию, выполнению, и документированию оценки безопасности трубопровода в соответствии с 6.2.1.2.

Данное дополнение относится, главным образом, к оценке влияния выброса жидкостей или газов на здоровье и безопасность населения. Принципами этого дополнения можно руководствоваться при выполнении каких-либо иных оценок безопасности.

#### А.2 Общие требования

Оценка безопасности производится согласно инструкции; схема А.1 показывает последовательность действий, которые необходимо предпринять.

Оценка безопасности должна подтвердить факт соответствия проектирования, сооружения, эксплуатации данного трубопровода требованиям данного международного стандарта.

Степень детализации оценки и её методика должны быть направлены на достижение целей оценки.

Дальнейшая оценка безопасности производится в течение всего эксплуатационного срока службы трубопровода в том случае, если изменения коснутся самой сущности системы трубопровода, а также окружающей среды, или же появятся иные обстоятельства, которые в корне перевернут представления, полученные в ходе предыдущих оценок.

Оценка безопасности производится квалифицированным персоналом.

#### А.3 Определение объёма оценочных работ

Необходимо определить область оценочного действия с целью формирования основы для плана оценки безопасности. Область оценочных мероприятий включает как минимум:

- причины оценки и цели;
- определение трубопровода, подлежащего оценке;

- оценка окружающей среды, т.е. населения и деятельности, осуществляемой вблизи от трубопровода;
- принятие мер по смягчению или предотвращению негативных последствий для населения;
- описание допущений и ограничений, руководящих оценкой;
- требуемые результаты.

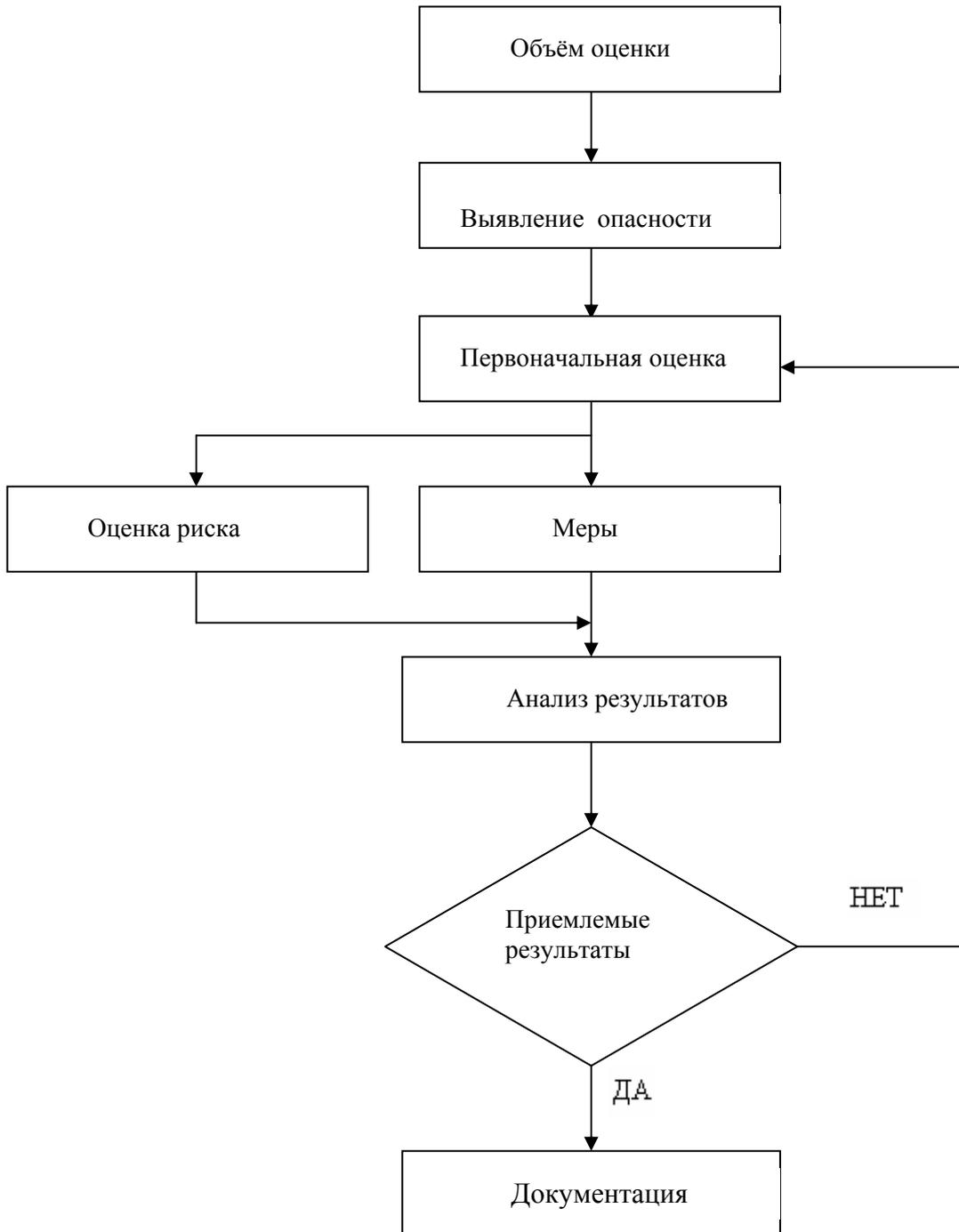


Схема А.1 – Оценка безопасности

#### **A.4 Определение опасности и первоначальная оценка**

Сценарий потенциальной угрозы выхода жидкости необходимо проанализировать вместе с основными причинами. Выделяют следующие основные причины:

- ошибки в проектировании, сооружении и управлении;
- ухудшение качественных характеристик по причине коррозии или эрозии, которое приводит к потере толщины стенки;
- деятельность третьих лиц;
- естественный риск.

Методика определения опасности включает обзор формуляров технического осмотра и контрольных таблиц, отчётов о предпосылке к авариям и инцидентам, мозговой штурм, изучение трубопровода к эксплуатации.

Начальная оценка значимости выявленной угрозы проводится на основании прогнозов вероятности её возникновения и определении возможных последствий.

Результатом данного этапа оценивания является определение образа действия в отношении каждой из выявленных угроз:

- сокращение объёма контроля по причине незначительной или несущественной вероятности возникновения опасности;
- рекомендуемые меры по предотвращению опасности или сокращению её до определённой степени;
- оценка риска.

#### **A.5 Оценка опасности**

##### **A.5.1 Общие положения**

Оценка опасности измеряет степень влияния опасности на здоровье и жизнь населения. Количественные и качественные оценки определяются по частоте появления опасности, последствиям, риску или комбинации вышеназванных факторов.

Необходимо дать чёткое объяснение всем применяемым терминам. Важно избегать несостоятельности оценок.

Влияние идентифицированных опасностей на здоровье населения должно быть изучено, равно как и применены меры по смягчению и сокращению негативных последствий этого влияния.

### **A.5.2 Анализ частоты**

Вероятность выхода текучей среды при каждом из выявленных отказов оценивается нижеуказанными сбоями:

- соответствующие статистические данные;
- синтез частот появления с применением анализа повторяемости отказов определенного вида и анализа эффектов;
- вынесение решения.

### **A.5.3 Анализ последствий**

Оценка вероятного эффекта выхода жидкости учитывает следующие факторы:

- природа текучей среды (легковоспламеняющаяся, токсическая, реактивная);
- конструкция трубопровода;
- погребённый или надземный рельеф;
- условия окружающей среды;
- размер пробоя или отверстия;
- меры, ограничивающие выход содержимого, включая обнаружение течи или использование стопорных клапанов;
- условие утечки флюида;
- дисперсия текучей среды и вероятность воспламенения;
- сценарий последствий выхода текучей среды;
- продольные волны как результат испускания жидкости;
- взрыв вслед за воспламенением;
- токсический эффект или удушение;
- степень риска и оценка эффекта.

### **A.5.4 Расчёт риска**

Риск – это подверженность возникновению инцидента, определяемая исходя из частоты появления и последствий выявленных отказов и сбоев.

Для определения риска используются надлежащие термины. Риск выражается качественно или количественно. Необходимо констатировать факт полноты и точности оценки риска. Следует испытать эффект неопределённости и принятия риска.

## **A.6 Обзор полученных результатов**

Результаты выявления отказов, первоначальную оценку и оценку риска необходимо сравнить с требованиями к безопасности с целью продемонстрировать согласованность с ними.

## **A.7 Документация**

Документы по оценке безопасности трубопровода включают, как минимум:

- оглавление;
- реферат;
- цели и объём;
- требования к безопасности;
- ограничение, принятие и подтверждение гипотез;
- описание системы;
- методология анализа;
- результаты выявления риска;
- описание модели с допущениями и подтверждениями;
- данные и источники данных;
- влияние на общественную безопасность;
- чувствительность и неопределенность;
- обсуждение результатов;
- заключения;
- ссылки.

## **Дополнение В** **(нормативное)**

### **Дополнительные требования к безопасности надземного трубопроводного транспорта категории D и E.**

#### **В.1 Цель**

Данное дополнение содержит дополнительные требования к максимальному окружному напряжению и испытанию под давлением надземного трубопроводного транспорта категории D и E.

#### **В.2 Классификация местоположения**

Местоположение линий трубопроводов классифицируется по плотности и концентрации населения согласно таблице В.1.

Фактором, в значительной мере способствующим сбою в работе трубопровода, является повреждение линии, вызванное деятельностью третьих лиц. Определение классов мест расположения в зависимости от видов активности людей обеспечивает методику оценки степени подверженности трубопровода опасности, а также влияния на безопасность и здоровье населения.

Таблица В.1 – Классы местоположения

Класс местоположения	Описание
1	Слабая человеческая активность, отсутствие постоянно проживающего в данной местности населения. Труднодоступные территории наподобие пустынь и тундр.
2	Места с плотностью населения менее 50 человек на 1 км <sup>2</sup> . Бросовые земли, пастбищные земли, сельскохозяйственные районы или другие малонаселённые территории.
3	Местность с плотностью населения 50 человек и больше, но меньше, чем 250 человек на 1 км <sup>2</sup> , со множеством жилых единиц, зданий гостиниц и офисов, в которых регулярно собирается не более 50 человек, с редко встречающимися промышленными зданиями. Класс 3 охватывает местности, занимающие промежуточное положение между областями класса 2 и класса 4, например, зоны неуверенного приёма вокруг крупных и мелких городов, крупные фермерские хозяйства, сельская местность.
4	Местность с населением 250 человек и больше на 1 км <sup>2</sup> , за исключением тех мест, где преобладает класс 5. Жилые пригородные застройки, жилые районы, промышленные районы и другие населённые местности, не включённые в класс 5.
5	Районы, где преобладают многоэтажные здания (четыре или больше этажей), районы с интенсивным движением транспорта и многочисленными подземными коммуникациями.

### В.3 Плотность населения

Плотность населения, выраженная в количестве человек на 1 км<sup>2</sup>, определяется посредством выделения зоны вдоль всего маршрута трубопровода, осевая линия которого в данной зоне имеет ширину:

- 400 м для трубопроводов, занятых перегонкой жидкости или газа категории D; и
- определяется для трубопроводов, занятых перегонкой текучей среды категории E с учётом последствий возможного выхода жидкости для здоровья населения, должна быть не меньше 400 м.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** могут использоваться и другие величины ширины зоны при условии, если представительные величины получены для плотности и половина ширины зоны – не меньше, чем расстояние, на которое распространяется выброс жидкости или газа.

## ISO 13623:2000(E)

Необходимо поделить зону на произвольные участки длиной 1,5 км таким образом, чтобы индивидуальные длины охватывали максимальное количество зданий, предназначенных для заселения. С этой целью отдельная жилая единица в многоквартирном здании считается отдельным зданием, предназначенным для заселения.

Длину произвольных участков можно сократить, если доказано наличие физических барьеров или других факторов, ограничивающих протяжённость более густонаселённой области до общего расстояния менее 1,5 км.

Измерение плотности населения основано на прямом подсчёте числа жителей или обследовании обычно населяемых жилых помещений и охватывает помещения, занимаемые людьми в течение долгого периода времени, как то: школы, больницы, общественные приёмы, промышленные площади.

Местоположение и количество жилых помещений и зданий определяется исходя из данных крупномасштабных планов и/или аэрофотосъёмки и полевых съёмок. Населённость жилых помещений определяется по статистическим материалам переписи, если такие имеются.

Возможное увеличение плотности населения и уровень активности, связанной с запланированными будущими застройками, – всё это необходимо учесть при определении плотности населения.

### **В.4 Концентрация людей**

Дополнительные расчёты следует произвести в отношении возможных последствий сбоя в работе, который может произойти вблизи скопления людей, например, в религиозных учреждениях во время службы, школах, жилых многоквартирных домах, больницах, зонах организованного отдыха класса местоположения 2 и 3.

За исключением тех случаев, когда установка используется нечасто, дополнительные требования класса 4 применимы к трубопроводам, место расположения которых соответствует классам 2 и 3, т.е. вблизи скопления людей в религиозных учреждениях, школах, многоэтажных жилых домах, больницах и зонах организованного отдыха.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** вышеназванное сосредоточение людей охватывает группы из 20 и более человек, находящихся в здании или на улице.

### **В.5 Максимальное окружное напряжение**

Расчётный параметр окружного напряжения из таблицы 1 следует параметрами из таблицы В.2 установить максимально допустимое окружное напряжение в соответствии с 6.4.2.2.

Таблица В.2 – расчётный параметр окружного напряжения  $F_h$ 

Категория флюида Класс местоположения	D	E	D и E			
	1	1	2	3	4	5
Типовая трасса	0,83	0,77	0,77	0,67	0,55	0,45
Пересечения и параллельные наступления <sup>a</sup>						
– второстепенные дороги;	0,77	0,77	0,77	0,67	0,55	0,45
– главные дороги, железные дороги, каналы, реки, обвалованные заграждения для защиты от наводнений, озёра;	0,67	0,67	0,67	0,67	0,55	0,45
Уловителя для скребков и многотрубные ловушки для конденсата	0,67	0,67	0,67	0,67	0,55	0,45
Станции и конечные станции	0,67	0,67	0,67	0,67	0,55	0,45
Специальные сооружения подобно сборным конструкциям и трубопроводам на мостках	0,67	0,67	0,67	0,67	0,55	0,45
<sup>a</sup> См. 6.9 для получения информации о пересечениях и наступлениях.						

### В.6 Требования к испытанию под давлением

Минимальное давление в трубопроводе во время испытания на прочность необходимо увеличить с отметки 1,25 до 1,40 x MAOP (если трубопровод принадлежит к классу местоположения 4 и 5).

## Дополнение С (информативное)

### Процесс выбора трассы трубопровода

#### С.1 Ограничения

Ограничения, налагаемые географией на выбор трассы трубопровода, выявляются путем идентификации начальной точки трубопровода, конечной точки трубопровода и фиксированной промежуточной точки.

Вышеназванные точки обозначаются на масштабированных планах, которые охватывают всю область, что понадобится для дальнейших расчётов при выборе трассы трубопровода.

#### С.2 Ограничения

Существующие и предполагаемые ограничения выбора трассы (см.6.2.1), возникающие на территории, находящейся в сфере вышеназванных интересов, оказывают существенное влияние на выбор верного варианта из имеющихся возможностей. Выявленные ограничения должны быть указаны на масштабированных картах, учитывающих особенности местности и всю собранную информацию. Вызывающие интерес области могут быть взяты за основу.

#### С.3 Коридоры

Выбор коридора трассы зависит от технических факторов, а также факторов, связанных с окружающей средой и безопасностью, оказывающих влияние на сооружение и эксплуатацию трубопровода. Примечательно, что кратчайший коридор может оказаться не самым лучшим.

#### С.4 Особенности трассировки

Принятию предварительного варианта трассы предшествуют изучение статистической документации, консультации, визуальная оценка с использованием всей имеющейся информации.

Перед тем, как сделать окончательный выбор трассы, необходимо провести топографическую съёмку и исследование условий окружающей среды; эти мероприятия должны охватить достаточную ширину и глубину вокруг предполагаемой трассы и достигать достаточной точности в определении факторов, неблагоприятных для сооружения и эксплуатации трубопровода. Данные мероприятия должны также сопровождаться подробными консультациями с заинтересованной третьей стороной и обходом территории трассы.

Деятельность третьей стороны вблизи от трубопровода и все связанные с ней аспекты безопасности необходимо исследовать.

Набор данных относительно проектирования, сооружения, а также безопасной эксплуатации трубопровода производится из таких источников, как документы, записи, карты и физическая разведка. Избранный вариант трассы обозначается на масштабированной маршрутной карте. Необходимо указать координаты всех наиболее значимых точек, таких, как точки цели, точки пересечений, начальные точки экстремумы и конечные точки. Контурные линии фиксируются с интервалами, необходимыми для проектирования, а именно его стадий, относящихся к сооружению и эксплуатации. Необходимо произвести расчёт вертикального профиля трассы трубопровода.

## Дополнение D (информативное)

### Примеры факторов, влияющих на выбор трассы

<b>Факторы</b>	<b>Наземный трубопровод</b>	<b>Морской трубопровод</b>
<b>Безопасность</b>	См. приложение А	См. приложение А Размещение персонала
<b>Окружающая среда</b>	Районы с уязвимой природной средой: <ul style="list-style-type: none"> <li>– красивый природный ландшафт</li> <li>– районы, ценные для археологии</li> <li>– области намеченного ландшафта</li> <li>– охраняемые районы;</li> <li>– природные ресурсы: водосборные площади, резервуары, лесные хозяйства</li> <li>– водоносные слои и источники питьевой воды</li> </ul>	Районы с уязвимой природной средой: <ul style="list-style-type: none"> <li>– районы, интересные для науки</li> <li>– охраняемые районы</li> <li>– области морских археологических раскопок;</li> <li>– морские парки</li> </ul>
<b>Установки</b>	Трубопроводы Подземные и надземные службы Тоннели	Трубопроводы Кабели Подводные конструкции и устья скважины Защита побережья
<b>Деятельность третьей стороны</b>	Землепользование Выработка полезных ископаемых Горное производство Военные зоны	Морские пути Постановка на якорь Зоны отдыха Рыбная ловля Разведка и производство Дноуглубительные работы и сбрасывание Военные учения Разгрузка на платформы Высадка с корабля

<b>Фактор</b>	<b>Наземный трубопровод</b>	<b>Морской трубопровод</b>
<b>Условия окружающей среды</b>	Геотехнические условия: <ul style="list-style-type: none"> <li>– неровная топография, обнажения и впадины</li> <li>– нестабильность (растрескивание и разломы, сдвиги)</li> <li>– мягкий и пропитанный водой грунт</li> <li>– почвенная коррозия</li> <li>– болота и зоны вечной мерзлоты</li> <li>– каменистый и твёрдый грунт</li> <li>– затопленные равнины</li> <li>– оползни, оседания, неравномерное оседание</li> <li>– заполненная земля и области захоронения отходов, включая заражённые районы или территории с радиоактивными отходами</li> </ul> Гидрографические условия	Геотехнические условия: <ul style="list-style-type: none"> <li>– неровная топография, обнажения или впадины</li> <li>– зоны землетрясения</li> <li>– большие углы откоса (высокая крутизна склона)</li> <li>– неустойчивость морского дна</li> <li>– размыв берега</li> <li>– мягкие осадки и перенос осадков</li> <li>– присутствие приповерхностного газа</li> <li>– береговая эрозия</li> <li>– придонные токи</li> </ul> Гидрографические условия
<b>Сооружение и эксплуатация</b>	Доступ Рабочая ширина Энергоснабжение Подача и отведение воды для испытания Пересечения Материально-техническое обеспечение	Максимально достижимая глубина воды Максимально допустимый радиус расположения Плавучее морское основание Платформы подводное морское устье скважины Соединение двух ниток трубопровода Подход к берегу и техника его сооружения Пересечения Материально-техническое обеспечение

## Дополнение Е (информативное)

### Техника эксплуатации, порядок технического обслуживания и действия в аварийной ситуации

#### Е.1 Техника эксплуатации

Выделяют следующие возможные составляющие техники эксплуатации:

- организация и ответственные лица;
- система трубопроводов, включая насосные станции, конечные станции, нефтебазы, платформы и другие установки;
- жидкости и газы для перегонки;
- рабочий режим системы трубопроводов, включая ограничения и принятые отклонения от этих ограничений;
- функции контроля и коммуникации;
- система мониторинга и способы обнаружения утечек;
- техника морской эксплуатации;
- календарное планирование и диспетчеризация;
- техника чистки скребками и её цели;
- ссылки на соответствующую документацию, т.е. разрешение на производство работ, документы от изготовителя, чертежи, карты;
- сотрудничество с третьей стороной;
- чертежи, установленные границы трубопровода, права собственности и управления всей системой трубопровода;
- техника дренажа и сжигания в факелах
- требования законодательства.

## Е.2 Порядок технического обслуживания

Выделяют следующие возможные составляющие:

- организация и ответственные лица;
- система трубопровода, включая насосные станции, конечные станции, нефтебазы, платформы и другие установки;
- расписания, требования к проверкам, руководства по ремонту и техническому обслуживанию, инструкции по эксплуатации каждого элемента системы трубопровода;
- ссылки на ответственную документацию, т.е. литературу от изготовителя, а также систему разрешений на производство работ;
- релевантные чертежи и карты трассы;
- организации-поставщики запчастей;
- специфическая технология определенного вида ремонтных работ и модификаций;
- 

## Е.3 Порядок действий в аварийной ситуации

Выделяют следующие возможные компоненты технологии борьбы с аварийными ситуациями:

- обязанности персонала, ответственного за предотвращение аварии – необходима ссылка на устав организации;
- система трубопровода, включая насосные станции, конечные станции, нефтебазы, платформы и другие установки;
- жидкости и газы для перегонки (включая особенности риска, связанного с утечкой флюида) и обычный рабочий режим;
- местонахождение и особенности связи с центрами контроля;
- служащие компании и/или нанятый по контракту обслуживающий персонал, третья сторона и органы управления, которых необходимо поставить в известность в случае возникновения аварийной ситуации;
- место расположения аварийного оборудования и наличие квалифицированного сервиса.
- мероприятия по эвакуации персонала или третьих лиц; особое внимание уделяется специалистам-подводникам, подверженным риску декомпрессии и вынужденным быть прикованными к камере;
- в системах трубопроводов, связывающих внутри себя установки, необходимо обеспечить порядок аварийного отключения всего трубопровода в случае выхода из строя какой-либо из установок;
- техника дренажа и сжигания в факелах.

## Дополнение F (информативное)

### Документация

То, что должно входить в документацию:

a) подробности проектирования и сооружения:

- основы проектирования и расчёты;
- технические требования на материалы и сертификация;
- контроль, свидетельства и акты о проведённых испытаниях;
- документы, подтверждающие разрешение на производство работ или наличие привилегии, позволяющей проводить данные работы;
- особенности землевладения;
- данные геофизических исследований, документация по трассовым изысканиям, включая указание местонахождения других служб;
- карты маршрута, включая отдельные пересечения при прокладке, а также детальные схемы сети трубопроводов и контрольно-измерительных приборов;
- рабочие параметры трубопровода, например, давление и температура;

b) протоколы эксплуатации:

- особенности эксплуатации и технического обслуживания;
- акты осмотра, включая видео/звукозаписи и обследования катодной защиты;
- аварийные акты;
- ремонт и модификация;
- сервисные преобразования;
- обучение и повышение квалификации персонала;

c) Акты о закрытии трубопроводов:

- подробности относительно закрытых наземных трубопроводов, включая карты маршрута, размеры трубопровода, глубину погребения, положение относительно поверхностных образований;
- подробности относительно закрытых морских трубопроводов, включая навигационные карты, демонстрирующие трассу трубопровода.

## Библиография

- 1) ISO 9000-1, Стандарты на поддержку и менеджмент качества – Часть 1:Руководство по выбору и применению.
- 2) API RP 5L1, Рекомендуемая практика транспортировки трубопровода по железной дороге.
- 3) API RP 5L2, Рекомендуемая практика создания внутреннего покрытия трубопровода для транспортировки некоррозионного газа.
- 4) API RP 5LW, Рекомендуемая практика транспортировки трубопровода на баржах и морских судах.
- 5) API RP 1102, Пересечения с железными дорогами и шоссе при прокладке стальных трубопроводов.
- 6) ASME B16.9, Сборные сваренные встык фитинги из ковкой стали.
- 7) ASTM A182/A 182M, Типовые технические условия на цельнокованные или цельнокатаные трубные фланцы из легированной стали, кованые фитинги, клапаны и детали для эксплуатации при высоких температурах.
- 8) ASTM A350/A 350M, Типовые технические условия наковки из углеродистой и низколегированной стали, требующие испытания компонентов трубопровода на ударную вязкость.
- 9) BS <sup>1)</sup>, Руководство о применении методов оценки приемлемости дефектов конструкции.
- 10) MSS SP-75, Технические условия на высокопрочные кованые сваренные встык фитинги.

---

<sup>6)</sup> Будет опубликован