

Акционерное общество  
«Синарский трубный завод»  
(АО «СинТЗ»)



**УТВЕРЖДАЮ**

Главный инженер  
АО «СинТЗ»

Засельский Е.М.  
2021 г.

« 28 » 04

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БЕСШОВНЫЕ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ  
И МУФТЫ К НИМ ПО ГОСТ 633-80**

**ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
СТО ОБ 00186631-025-2020**

(взамен СТО ОБ 00186631-002-2015)

**РАЗРАБОТАЛ**

Начальник технического управления  
АО «СинТЗ»

Тихонцева Н.Т.  
2021 г.

« 28 » 04

## Введение

Настоящее Обоснование безопасности распространяется на трубы стальные бесшовные насосно-компрессорные и муфты к ним, изготавливаемые Акционерным обществом «Синарский трубный завод» (АО «СинТЗ») по ГОСТ 633-80 «Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия», (код ТН ВЭД 7304 29 100 9).

Оригинал данного документа хранится у изготовителя насосно-компрессорных труб – АО «СинТЗ». Копия Обоснования безопасности в бумажном и (или) электронном виде должна храниться у организации, эксплуатирующей насосно-компрессорные трубы, либо должен быть предоставлен открытый доступ к документу.

Дополнительно к настоящему Обоснованию безопасности следует пользоваться:

- ГОСТ 633-80;
- ГОСТ 34380-2017;
- руководством по эксплуатации.

## 1 Основные параметры и характеристики

### 1.1 Номенклатура

АО «СинТЗ» выпускает насосно-компрессорные трубы по ГОСТ 633-80 в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1 – Номенклатура труб по ГОСТ 633-80

код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции
13 2700	Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним: - категория качества - по точности и качеству исполнения Аи Б; - тип резьбового соединения трубы и муфты: -- НКТ -- НКТВ; -- НКМ. - условный диаметр 33...114 мм; толщина стенки 3,5...8,0 мм.
	- групп прочности Д, К, Е
	- групп прочности Л, М, Р

Резьбу муфт фосфатируют или оцинковывают.

### 1.2 Идентификация

1.2.1 На каждой трубе на расстоянии 0,4-0,6 м от ее конца, снабженного муфтой, должна быть четко нанесена маркировка ударным способом или накаткой, содержащая:

- условный диаметр трубы в миллиметрах;
- номер трубы;
- группу прочности;
- толщина стенки в миллиметрах (для труб с условными диаметрами 73 и 89 мм);
- товарный знак предприятия изготовителя;
- месяц и год выпуска;

Место нанесения маркировки должно быть обведено или подчеркнуто светлой краской. Высота знаков маркировки должна быть 5-8 мм. При механическом способе нанесения маркировки допускается расположение ее в один ряд. Допускается на каждой трубе маркировать номер плавки.

Рядом с маркировкой ударным способом или накаткой на каждой трубе наносится маркировка устойчивой светлой краской в указанной последовательности:

- условный диаметр трубы в миллиметрах;

- группа прочности;
- толщина стенки в миллиметрах (для труб условными диаметрами 73 и 89 мм);
- длина трубы в сантиметрах;
- масса трубы в килограммах (наносит при контроле массы);
- тип трубы (кроме гладких труб);
- вид исполнения (при поставке труб исполнения А);
- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя.

Высота знаков маркировки должна быть 20-50 мм.

Для труб диаметрами 27 – 48 мм вместо маркировки краской каждой трубы маркировку наносят на бирку, надежно прикрепляемую к каждому пакету труб. При этом маркируют общую длину и массу труб, находящихся в пакете.

1.2.2 На каждой муфте должна быть четко нанесена маркировка ударным способом или накаткой товарного знака предприятия изготовителя, группы прочности и вида исполнения муфты (для муфт исполнения А).

1.2.3 Все знаки маркировки должны быть нанесены вдоль образующей трубы и муфты. Допускается наносить знаки маркировки перпендикулярно образующей способом накатки.

1.2.4 В прилагаемых к продукции документах о приемочном контроле (сертификат качества) должен быть нанесен знак обращения на рынке государств-членов Таможенного союза.

1.3 НКТ спроектированы с учетом требований следующих стандартов:

ГОСТ Р ИСО 10007-2019 Менеджмент организации. Руководящие указания по менеджменту конфигураций

ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001

ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем

ГОСТ Р 51901.3-2007 Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности

ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности

ГОСТ Р 51901.6-2005 Менеджмент риска. Программа повышения надежности

ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов

ГОСТ Р МЭК 61165-2019 Надежность в технике. Применение марковских методов

ГОСТ Р 51901.16-2017 Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки

ГОСТ 34380-2017 Трубы обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Рекомендации по эксплуатации и обслуживанию

ГОСТ Р 54124-2010 Безопасность машин и оборудования. Оценка риска

ГОСТ 633-80 Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 17410-78 Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии

ГОСТ Р 54918-2012 Трубы обсадные, насосно-компрессорные, буровые и трубы для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Формулы и расчет свойств

ИЕС 60300-3-3 Менеджмент функциональной надежности. Часть 3-3. Руководство по применению. Исчисление затрат в течение жизненного цикла

ИЕС 60300-3-2 Управление общей надежностью. Часть 3. Руководство по применению. Сбор данных по общей надежности с места эксплуатации

ИЕС 61163-1 (МЭК 61163-1) Сплошная проверка аппаратных элементов на надежность в напряженном состоянии. Часть 1. Подлежащие ремонту аппаратные элементы, изготавливаемые партиями

## 2 Общие принципы обеспечения безопасности

2.1 На этапе проектирования и производства реализованы следующие общие принципы безопасности:

- а) принцип пассивной безопасности;
- б) принцип экологической безопасности;
- в) анализ возможных прогнозируемых рисков и имеющийся опыт по объектам-аналогам;
- г) учет недопустимого риска эксплуатации изделий;
- д) принцип эргономичности;
- е) принцип использования сырья, материалов и веществ, не угрожающих безопасности жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, жизни или здоровью животных и растений;
- ж) принцип обеспечения необходимого и достаточного уровня надежности изделий.

2.2 На стадиях ввода в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации реализованы следующие общие принципы обеспечения безопасности:

- а) принцип глубокоэшелонированной защиты при обеспечении безопасности изделий;
- б) принцип дифференцированного подхода к ответственности за обеспечение безопасности;
- в) принцип исключения возможных ошибок при сборке колонны насосно-компрессорных труб, которые могут быть источниками опасности;
- г) принцип обеспечения технического обслуживания без риска для людей;
- д) учет опасностей, связанных с явлениями усталости, старения, коррозии и износа;
- е) принцип обеспечения и контроля надежности персонала;
- ж) принцип управления качеством при эксплуатации;
- и) принцип управления охраной окружающей среды;
- к) сбор и анализ информации по отказам изделий и ошибкам персонала.

## 3 Требования к надежности

### 3.1 Показатели надежности

Назначенный срок службы насосно-компрессорных труб - 365 суток с момента ввода в эксплуатацию, при условии соблюдения требований руководящих документов по эксплуатации.

Примечание - изготовитель гарантирует соответствие труб и муфт к ним требованиям нормативно-технической документации в течение срока, оговоренного в НТД и контракте (договоре на поставку), при условии соблюдения руководящих документов по эксплуатации и хранению труб.

### 3.2 Оценка технического состояния НКТ

#### 3.2.1 Контроль технического состояния НКТ

Оценка пригодности НКТ для дальнейшей эксплуатации включает:

- проверку состояния стенки по внутренней поверхности изделия и остаточной толщины стенки для оценки стойкости тела изделия к разрыву и растяжению;
- проверку состояния резьбы для оценки стойкости к утечке.

Рекомендуемыми методами контроля НКТ являются: внешний осмотр, механические измерения, электромагнитная дефектоскопия, дефектоскопия вихревыми токами, ультразвуковая и рентгеновская дефектоскопия, контроль резьбы калибрами.

#### 3.2.2 Критерии предельных состояний

##### 3.2.2.1 Толщина стенки

Дефекты из-за потери металла у НКТ обычно наблюдаются на внутренней поверхности, а тип дефектов может варьироваться от рассеянной точечной коррозии, полос или надрезов до значительной потери металла вследствие механического износа или истирания под воздействием песка.

Применение бывших в употреблении изделий зависит от типа дефектов. Изделия с точечной коррозией непригодны для применения в коррозионных средах, допускается их использование в условиях, когда коррозия не является существенным фактором. Изделия с равномерной потерей металла вследствие механического износа менее чувствительны к коррозионному воздействию и их класс можно понизить, исходя из остаточной толщины стенки.

Предельно допустимая остаточная толщина стенки (до списания) – 85 % исходной.

#### 3.2.2.2. Состояние резьбы

При проведении контроля резьбового соединения бывших в употреблении насосно-компрессорных труб следует проверить наличие деформации профиля резьбы, следов заеданий и усталостных трещин на последних сопрягаемых витках резьбы. Быстрое свинчивание на последних сопрягаемых витках резьбы с треугольным профилем указывает на то, что при подъеме колонны резьба труб подверглась воздействию растягивающих напряжений, превышающих предел текучести металла. Такое соединение может быть повторно свинчено, но не будет иметь необходимой прочности, и может оказаться негерметичным. При развинчивании может произойти заедание резьбы, особенно при установке ключа на муфту. На насосно-компрессорных трубах в результате приложения знакопеременных напряжений часто возникают усталостные трещины во впадине профиля последних сопрягаемых витков резьбы, которые могут привести к снижению прочности или к разрушению соединения при последующей эксплуатации. Геометрические параметры резьбовых соединений могут изменяться после каждого свинчивания вследствие возникновения деформации при свинчивании и отличаться от установленных требований. Поэтому при неоднократном свинчивании резьбовое соединение с каждым разом свинчивается все дальше, за счет чего достигается натяг в резьбовом соединении.

#### 3.2.2.3. Оценка пригодности.

Неоднократное свинчивание, сопровождаемое деформацией металла, может привести к уменьшению диаметра резьбы насосно-компрессорных труб, многократно подвергаемых спуску-подъему из скважины. Уменьшение диаметра резьбы может снизить прочность и герметичность соединения, а в худшем случае привести к схождению торцов труб в середине муфты или вырыванию концов труб из свинченного соединения.

Оценка пригодности труб для дальнейшей эксплуатации требует проверки состояния внутренней поверхности труб и остаточной толщины стенки для определения стойкости тела трубы к смятию, разрыву и растяжению, а также проверке состояния поверхности резьбы для оценки герметичности и наружного диаметра ниппельного конца труб для определения возможности свинчивания.

Наряду с проверкой толщины стенки для определения эксплуатационной пригодности труб рекомендуется провести проверку геометрических параметров резьбовых соединений при помощи калибров в соответствии с ГОСТ 633, учитывая при этом возможные изменения геометрических параметров, возникающие вследствие деформации при свинчивании.

### 3.3 Конструктивные способы повышения надежности

Конструктивным способом обеспечения надежности является создание запаса прочности, обеспечивающего безотказную эксплуатацию изделий при действующих на них нагрузках в течение всего срока службы.

#### 3.3.1 Резервирование

##### 3.3.1.1 Расчет допустимого внутреннего избыточного давления

Расчеты должны быть проведены на основании формулы (14) раздела 7.4 стандарта ГОСТ Р 54918. Для расчета следует использовать модель пластического разрушения тела изделия с торцевым уплотнением со следующими коэффициентами:

$a_N=0,125t$  глубина несовершенства, отнесенная к конкретному уровню приемки, то есть, максимальная глубина несовершенства типа трещины, которая может быть допустима системой контроля.;

$k_a=2$ , коэффициент прочности при разрушении, в соответствии с имеющимся результатом испытаний равный 2,0 для изделий после прокатки и нормализации; при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0;

$k_{dt}=1$  поправочный коэффициент, рассчитанный по деформации трубы и деформационному упрочнению металла;

$k_{wall}$  коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки изделия.

Максимальное избыточное внутреннее давление для насосно-компрессорных труб по ГОСТ 633, должно быть рассчитано с учетом с коэффициента запаса прочности 1,32.

### 3.3.1.2 Расчет предельно допустимого наружного избыточного давления

Минимальная прочность изделия на смятие при отсутствии осевого усилия и внутреннего давления должна быть определена при помощи уравнений (35) и (37) раздела 8.2 стандарта ГОСТ Р 54918 в зависимости от минимального предела текучести и размеров поперечного сечения изделия.

Предельно допускаемое наружное избыточное давление для насосно-компрессорных труб по ГОСТ 633, рекомендуется рассчитывать с учетом коэффициента запаса прочности 1,15.

### 3.3.1.3 Прочность соединений изделий с невысаженными концами

Прочность соединений изделий с невысаженными концами рассчитывают, как произведение предела текучести и площади поперечного сечения изделия под последним полным витком резьбы. Площади поперечных сечений обычных муфт для насосно-компрессорных муфт и специальных муфт всех случаях больше, чем площади главных критических сечений соединяемых изделий, и не влияют на прочность соединения.

#### 3.3.1.3.1 Допущения и ограничения

Уравнение (63) ГОСТ Р 54918 для расчета прочности соединения изделий с невысаженными концами не учитывает возможное наличие внутреннего и наружного давления.

#### 3.3.1.3.2 Требования к данным

Для выполнения расчета прочности соединения для изделий с невысаженными концами необходимы следующие исходные данные (табл.1.1):

$D$  - заданный наружный диаметр изделия, мм;

$D_4$  –наружный диаметр резьбы трубы, мм;

$\sigma_{ymn}$  - заданный минимальный предел текучести, МПа;

$h_s$  - высота профиля закругленной резьбы, мм

$t$  - заданная толщина стенки изделия, мм.

3.3.1.3.3 Предельная осевая растягивающая нагрузка для НКТ с невысаженными концами по ГОСТ 633, должна быть рассчитана с коэффициентом запаса прочности 1,30

### 3.3.1.4 Прочность соединений изделий с высаженными концами

Прочность соединений изделий высаженными концами рассчитывают, как произведение предела текучести и площади поперечного сечения тела трубы. Площадь поперечного сечения изделий под последним полным витком резьбы больше, чем площадь поперечного сечения тела изделий. Площади критических поперечных сечений обычных муфт для насосно-компрессорных труб, специальных муфт насосно-компрессорных труб во всех случаях больше, чем площади главных критических сечений соединяемых изделий, и не влияют на прочность соединения.

#### 3.3.1.4.1 Допущения и ограничения

Уравнение (64) ГОСТ Р 54918 для расчета прочности соединения изделий с высаженными концами не учитывает возможное наличие внутреннего и наружного давления.

#### 3.3.1.4.2 Требования к данным

Для выполнения расчета прочности соединения изделий с высаженными концами необходимы следующие исходные данные:

$D$  - заданный наружный диаметр изделия, мм;

$\sigma_{ymin}$  - заданный минимальный предел текучести, МПа;

t - заданная толщина стенки изделия, мм.

3.3.1.4.3 Предельная осевая растягивающая нагрузка для насосно-компрессорных труб по ГОСТ 633 должна быть рассчитана с учетом коэффициента запаса прочности 1,30.

3.3.2 Организация системы технического диагностирования

Сроки диагностирования НКТ – в соответствии с 3.1 настоящего документа.

3.3.3 Обеспечение сохраняемости

3.3.3.1 Для обеспечения сохраняемости НКТ при транспортировании к месту эксплуатации, погрузочно-разгрузочных работах и хранении должен соблюдаться комплекс мер, позволяющий обеспечить сохранность качества и не допустить повреждений поверхности и формы труб, муфт и резьбовых соединений.

3.3.3.2 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости НКТ при хранении приведен в разделе 5 ГОСТ 633.

3.3.3.3 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости НКТ при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах приведен в разделе 5 ГОСТ 633.

## 4 Требования к персоналу

К персоналу, эксплуатирующему изделия, относятся:

- бурильщик эксплуатационного и разведочного бурения скважин на нефть и газ;
- оператор по опробованию (испытанию) скважин;
- опрессовщик труб;
- помощник бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения скважин на нефть и газ (первый);
- бурильщик капитального ремонта скважин;
- оператор по подземному ремонту скважин;
- помощник бурильщика капитального ремонта скважин.

Персонал должен знать тип, размеры, маркировку резьбы, прочностные характеристики насосно-компрессорных труб и переходников, правила отбраковки (критерии предельных состояний).

Профессиональная подготовка: не ниже среднего специального образования.

## 5 Анализ риска

В данном разделе проведена идентификация опасностей и расчет степени риска эксплуатации изделия согласно ГОСТ Р 54124.

В основе концепции риска лежит постулат, что опасность не может принести вред объекту воздействия (люди, имущество, окружающая среда) до тех пор, пока последовательность событий или случайных обстоятельств не приведет к опасной ситуации (ситуации воздействия). На этой стадии риск можно оценить путем определения тяжести последствий и вероятности причинения вреда (рисунок 5.1).

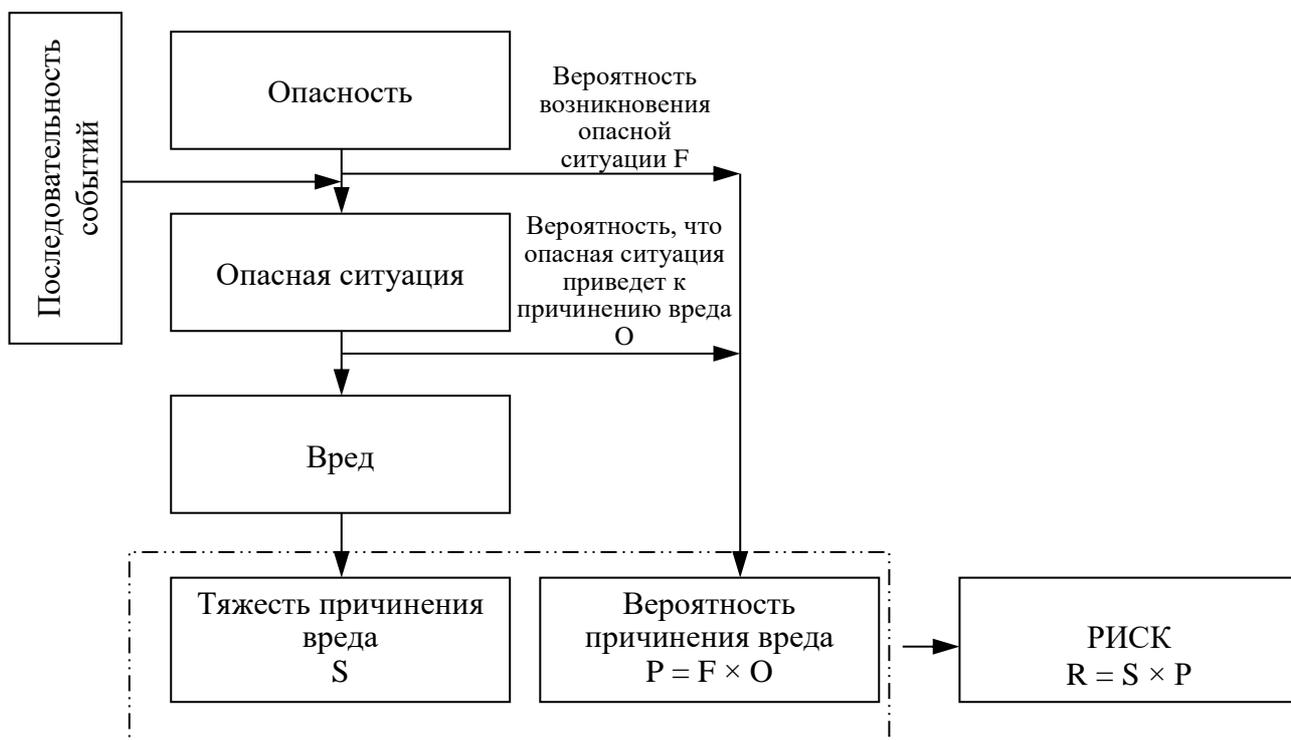


Рисунок 5.1 – Графическое представление соотношения между опасностью, последовательностью событий, опасной ситуацией и вредом

При идентификации опасностей используются сведения о пределах использования труб стальных бесшовных насосно-компрессорных и муфт к ним и сведений, указанных в ГОСТ ISO 12100-2013.

Опасность нанесения вреда при применении (использовании) НКТ при критическом отказе может заключаться:

- в нанесении вреда при разрушении;
- в нанесении вреда при потере герметичности.

Результаты анализа и оценки возможных мер по снижению риска приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты анализа остаточного риска

Опасность	Недостаточная прочность резьбового соединения при растяжении	Неспособность тела изделия выдержать внутреннее давление без потери герметичности	Недостаточная стойкость тела изделия к наружному давлению	Негерметичность резьбового соединения
Конструкторские меры по снижению риска	Введение коэффициента запаса по нагрузке от максимальной расчетной Установление максимальной допустимой нагрузки			
Меры изготовителя по снижению риска	Контроль допуска ключевых характеристик изделия			
Меры по снижению риска при транспортировании и хранении	Меры по предупреждению изменений КХ изделия (ухудшению) при транспортировании и хранении: - нанесение консервационной смазки, - установка предохранительных деталей - соблюдение условий транспортирования и хранения			
Меры по снижению риска при эксплуатации	Соблюдение сроков и программ оценки технического состояния		Соблюдение рекомендаций по свинчиванию	

## **6 Требования безопасности при вводе в эксплуатацию**

При транспортировке и доставке изделий потребителю некоторые параметры изделий могут быть нарушены, поэтому обязательный контроль включает в себя:

- удаление консервационной смазки (если не установлено иное);
- внешний (визуальный) контроль;
- гидростатические испытания;
- контроль внутреннего диаметра;
- при отсутствии предохранительных деталей, потерянных при транспортировании, контроль калибрами.

Меры по обеспечению безопасности при контроле изделий зависят от используемых приборов и методов контроля и определяются организацией, проводящей входной контроль или испытания.

## **7 Требования к управлению безопасностью при эксплуатации**

### **7.1 Эксплуатирующий персонал**

Требования к эксплуатирующему персоналу – согласно разделу 4 настоящего ОБ.

### **7.2 Инструкции и стандарты**

7.2.1 Для обеспечения безопасности при эксплуатации изделий следует использовать следующие документы:

- Типовые инструкции по безопасности работ при строительстве нефтяных и газовых скважин, при разработке нефтяных и газовых месторождений, геофизических работ в процессе бурения скважин и разработки нефтяных и газовых месторождений;

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 №534);

- ГОСТ 34380-2017 Трубы обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Рекомендации по эксплуатации и обслуживанию;

- РД 39-1-1151-84 Технические требования на разбраковку насосно-компрессорных труб;

- РД 39-1-592-81 Типовая технологическая инструкция по подготовке к эксплуатации и ремонту насосно-компрессорных труб в цехах Центральных трубных баз производственных объединений МИННЕФТЕПРОМА;

- РД 39-2-371-80 Инструкция по приемке и хранению бурильных, обсадных и насосно-компрессорных труб в трубных подразделениях производственных объединений Министерства нефтяной промышленности;

- руководство «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

7.2.2 Меры по обеспечению безопасности при контроле изделий НКТ зависят от используемых приборов и методов контроля (электромагнитная дефектоскопия, дефектоскопия вихревыми токами, ультразвуковая и рентгеновская дефектоскопия) и определяются организацией, проводящей контроль или испытания.

7.2.3 Опасностью при эксплуатации является потеря герметичности резьбового соединения. Следует избегать следующих событий, приводящих к причинению вреда (авариям):

- повреждение резьбы вследствие механических воздействий при спуско-подъемных операциях и нанесении смазки;

- несоблюдение технологии свинчивания;

- несоблюдение технологии нанесения смазки.

### **7.3 Программа проверок**

Типовая программа проверок изделий включает в себя следующие технологические операции:

- сортировка, разбраковка, измерение длины изделий;

- очистка внутренней и наружной поверхности;

- контроль сплошности тела изделий на отсутствие дефектов методами неразрушающего контроля;

- определение толщины стенки;
- контроль резьбы;
- гидростатические испытания;
- документальное оформление результатов проверки.

#### 7.4 Пределы и условия безопасной эксплуатации

Срок хранения без переконсервации – 6 месяцев.

Свинчивание труб и контроль свинчивания осуществляют в соответствии со стандартом ГОСТ 34380 и руководством «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

Допускаемые значения величин расчетных эксплуатационных нагрузок, превышение которых может привести к аварийным ситуациям, приведены в руководстве по эксплуатации.

Как правило, месторождения, вводимые в эксплуатацию, должны рассматриваться как потенциально опасные в коррозионном отношении и на ранних стадиях их разработки должны проводиться исследования по определению наиболее коррозионно-опасных участков для предотвращения коррозионных разрушений. Эти исследования должны включать следующее:

- определение содержания агрессивных газов (углекислого газа и сероводорода) в добываемом флюиде. Желательно также определение рН и химического состава пластовых вод (содержание ионов железа, органических кислот, общее количество хлоридов и других коррозионно-активных компонентов);

- проведение испытаний по определению скорости коррозии с помощью контрольных образцов, изготовленных из тех же материалов, что и эксплуатируемые трубы;

- проведение контроля с помощью измерительных или оптико-инструментальных приборов.

Наиболее характерными коррозионными разрушениями поверхности труб являются питтинговая коррозия, коррозионное растрескивание под напряжением, сульфидное растрескивание под напряжением, износ элементов с внутренней резьбой. Возможны другие виды локального коррозионного разрушения – эрозионный износ, коррозия в виде отдельных язв (каверн). Глубина питтингов и язв (каверн) может быть измерена с помощью подходящего измерительного инструмента (глубиномера или профилометра). Для выявления растрескивания могут быть необходимы дополнительные вспомогательные методы, например, проведение магнитопорошковой дефектоскопии. Коррозионное разрушение обычно происходит при воздействии пластовой воды на поверхность металла и может быть усугублено абразивным воздействием насосного оборудования, газлифтом или высокими скоростями извлекаемой жидкости. На развитие процессов коррозии также оказывает влияние различие в микроструктуре металла, в состоянии поверхности, морфологии и адгезии образовавшихся осадков (продукты коррозии могут, как плотно прилегать к поверхности металла, так и отслаиваться от нее, в результате чего образуются гальванические пары). Известна также биметаллическая коррозия, возникающая в результате соединения разнородных металлов. Простой и универсальный способ защиты от коррозионного разрушения не может быть предложен, вследствие того, что коррозионные разрушения возникают в результате комплексного воздействия целого ряда факторов и принимают различные формы. Каждая проблема коррозионного поражения должна решаться отдельно с учетом известных факторов и конкретных условий эксплуатации.

В скважинах, в которых добываются коррозионно-активные флюиды и в которых возможно возникновение коррозионных разрушений на наружной и внутренней поверхности насосно-компрессорных труб, могут применяться следующие меры:

а) В фонтанирующих скважинах возможно перекрытие межтрубного пространства для запирания коррозионных флюидов внутри насосно-компрессорных труб. Внутренняя поверхность насосно-компрессорных труб защищается специальными покрытиями или ингибиторами.

б) В насосных и газлифтных скважинах через межтрубное пространство вводятся ингибиторы, обеспечивающие приемлемую защиту от коррозии. В скважинах такого типа,

особенно в насосных скважинах, продление срока эксплуатации насосно-компрессорных труб возможно также с помощью модернизированной технологии работ, например, применения предохранителей штанг вращения труб, удлинения и замедления рабочих ходов насосов.

## **8 Требования к управлению качеством для обеспечения безопасности при эксплуатации**

8.1 В таблице 8.1 и п.8.2-8.7 приведены требования к обеспечению качества работ и услуг, влияющих на безопасность изделий в течение жизненного цикла изделий согласно ГОСТ Р 51901.3. Отсутствующие в таблице номера задач означают, что данные задачи опущены, как не имеющие отношения к изделиям, без изменения нумерации с целью сохранения связи с первоисточником.

Таблица 8.1 - Связь стадий жизненного цикла изделий с применяемыми элементами и задачами надежности и безопасности

Элементы и задачи надежности и безопасности	Стадии жизненного цикла изделий					
	К&О	П&Р	ПРЗ	ИНС	ЭКС	УТЛ
Элемент 1. Управление (менеджмент)						
Задача 1. Программа надежности и безопасности	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 2. Требования надежности и безопасности		XXX	XXX	XXX		
Задача 3. Управление процессами		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 4. Управление проектированием		XXX	XXX	XXX		
Задача 5. Мониторинг и анализ		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 6. Управление цепочкой поставки			XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 7. Ввод продукции в эксплуатацию				XXX	XXX	
Элемент 2. Дисциплины надежности						
Задача 8. Обеспечение безотказности	XXX	XXX	XXX			
Задача 9. Обеспечение ремонтпригодности	XXX	XXX	XXX	XXX		
Задача 11. Стандартизация		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 12. Человеческий фактор	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Элемент 3. Анализ и оценка						
Задача 13. Анализ условий окружающей среды	XXX	XXX	XXX			
Задача 14. Моделирование безотказности	XXX	XXX	XXX			
Задача 15. Оценка и управление частями		XXX	XXX			

Элементы и задачи надежности и безопасности	Стадии жизненного цикла изделий					
	К&О	П&Р	ПРЗ	ИНС	ЭКС	УТЛ
Задача 16. Анализ проекта и оценка продукции		XXX	XXX			
Задача 17. Анализ риска и причинно-следственных связей		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 18. Прогнозирование	XXX	XXX	XXX			
Задача 19. Анализ компромиссных решений	XXX	XXX	XXX			XXX
Задача 20. Оценка стоимости жизненного цикла	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 21. Повышение надежности				XXX	XXX	
Элемент 4. Верификация и валидация						
Задача 22. Стратегия верификации и валидации		XXX	XXX	XXX		
Задача 23. Демонстрация безопасности				XXX	XXX	
Задача 24. Разбраковка по надежности			XXX			
Элемент 5. База знаний						
Задача 25. Создание базы знаний		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 26. Анализ данных		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 27. Сбор и распространение данных		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 28. Записи о надежности и безопасности		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Элемент 6. Улучшение						
Задача 29. Предупреждающие и корректирующие действия		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 30. Усовершенствование и модификация				XXX	XXX	
Задача 31. Повышение компетентности персонала	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 32. Улучшение системы менеджмента надежности и безопасности	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	

Условные обозначения, принятые в таблице:

К&О - концепция и определение;

П&Р - проектирование и разработка;

ПРЗ - производство;

ИНС - инсталляция (установка, монтаж);

ЭКС - эксплуатация и техническое обслуживание;

УТЛ - утилизация;

XXX - связь задач надежности с соответствующими стадиям жизненного цикла.

## 8.2 Управление (менеджмент) - элемент 1.

Управление является ключевым элементом программы надежности и безопасности. Планирование определяет цели и возможности проекта, идентифицирует проектные действия и устанавливает поэтапный график выполнения работ и поставок. Управление применяет соответствующие стратегии бизнеса и технические стратегии, обеспечивает функции руководства и распределяет необходимые ресурсы, способствующие эффективному выполнению задач для достижения запланированных целей проекта. Основные задачи управления описаны в 8.2.1 – 8.2.7.

Управление достигается путем назначения технических руководителей, обеспечивающих выполнение задач надежности и безопасности. Обязанности технического руководителя, ответственного за надежность и безопасность, включают в себя формирование рабочей группы, распределение ответственности между членами группы, обеспечение обмена информацией с заказчиками и поставщиками по вопросам надежности и ключевой технической связи в процессе управления цепочкой поставки по проблемам надежности и безопасности. Для повышения лояльности потребителей необходимо поддерживать с ними послепродажный обмен информацией.

#### 8.2.1. Программа надежности и безопасности (Задача 1)

Программа надежности и безопасности требует адекватного планирования и вовлечения в ее работу высшего руководства. План надежности и безопасности является основой для управления, планирования, контроля документации, управления выполнением программы надежности и безопасности. План надежности и безопасности продукции должен быть интегрирован в общий план проекта. Он должен быть подвергнут анализу со стороны высшего руководства и одобрен руководителем организации. План надежности и безопасности может охватывать продукцию на одной, нескольких или всех стадиях ее жизненного цикла. План должен идентифицировать задачи программы надежности и безопасности, применимые к продукции и контролю ее ключевых характеристик. В плане надежности и безопасности должен быть указан технический руководитель, ответственный за выполнение программы и, при необходимости, представитель руководства. Задачи программы надежности должны быть определены в соответствии с поэтапным графиком выполнения работ и поставок.

#### 8.2.2 Требования надежности и безопасности (Задача 2).

Требования надежности и безопасности включают в себя процесс идентификации требований и определение условий для проектных поставок. Требования формируют таким образом, чтобы обеспечить удовлетворение потребностей потребителя или определить критерии выбора привилегированных поставщиков. В результате может быть заключено формальное контрактное соглашение (договор) между всеми вовлеченными сторонами. Сотрудничество потребителя и поставщика позволяет существенно ускорить подготовку требований и облегчить взаимное понимание целей и ограничений надежности и безопасности для достижения соглашения. Требования надежности могут содержать количественные значения параметров, таких как коэффициент готовности, средний ресурс, максимально допустимая продолжительность эксплуатации или характеристики предельного состояния продукции. Требования к количественным характеристикам для демонстрации и приемки продукции должны быть определены и задокументированы. В требованиях надежности должны быть особо выделены требования, непосредственно касающиеся общей работоспособности продукции и имеющие отношение к ее назначению.

#### 8.2.3 Управление процессами (Задача 3).

Система менеджмента надежности и безопасности должна управлять всеми процессами, воздействующими на надежность и безопасность. Функция управления должна быть активизирована для процессов, воздействующих на безотказность и готовность системы. Типичными процессами, влияющими на надежность и безопасность, являются выбор материалов, методов оценки надежности, критериев приемки продукции, регистрация данных об отказах, анализ причин отказов, предупреждающие и корректирующие действия. Владелец каждого процесса должен быть идентифицирован. Входы и выходы процесса должны быть верифицированы на точность и последовательность в соответствии с их назначением. В

промежуточных целях проекта, связанных с надежностью, должны быть указаны скоординированный набор необходимых закупок и графики выполнения работ по проекту, что облегчает принятие решений при проведении анализа со стороны руководства, а также при взаимодействии с поставщиками и потребителями.

#### 8.2.4 Управление проектированием (Задача 4).

Управление проектированием является важным процессом менеджмента надежности, позволяющим обеспечивать разработку продукции в соответствии с целями надежности и безопасности. Действия по управлению проектированием включают в себя установление правил и рекомендаций по проектированию для обеспечения безопасной эксплуатации, выделения физических и функциональных блоков, обеспечения модульности, облегчения сборки и разборки, проведения гарантийного обслуживания. Эти действия позволяют обеспечить соответствие продукции обязательным требованиям. Результатом улучшения проектирования является повышение надежности и безопасности продукции. Мониторинг состояния надежности и безопасности продукции при проектировании должен быть интегрирован в процесс управления проектированием. Входы и выходы процесса управления проектированием должны быть верифицированы на точность и полноту. Анализ проекта должен быть направлен на оценку соответствия требованиям прогрессивного проектирования для обеспечения возможности производства продукции соответствующего качества. Изменения конструкции должны выполняться в соответствии с процессом управления конфигурацией, что облегчает прослеживаемость модификаций или модернизаций проекта.

#### 8.2.5 Мониторинг и анализ (Задача 5).

Анализ состоит из анализа контракта, анализа со стороны руководства и технического анализа.

Анализ контракта должен проводиться вместе с общим анализом проекта. Установленные требования контракта, имеющие отношение к надежности закупаемых компонентов, при приемке анализирует потребитель, а при необходимости также поставщики компонентов. При появлении несоответствий возникающие проблемы должны быть решены, а в контракт должны быть внесены соответствующие изменения. Записи по анализу контракта должны поддерживаться в рабочем состоянии.

Анализ надежности и безопасности со стороны руководства должен проводиться регулярно.

Обычно технический анализ проекта неоднократно проводят в процессе проектирования при появлении необходимости. На конкретных стадиях проекта технический анализ может включать в себя более формальный процесс проверки соответствия требованиям контракта или обязательным требованиям. Все записи по анализу должны поддерживаться в рабочем состоянии. В качестве руководства по проведению формального анализа проекта необходимо использовать ГОСТ Р МЭК 61160-2015.

#### 8.2.6 Задача 6. Управление цепочкой поставки

Организация должна разработать и внедрить процесс управления цепочкой поставки. Технический руководитель, ответственный за надежность и безопасность, должен принимать активное участие в процессе управления цепочкой поставки для обеспечения поставки и применения надежных комплектующих. Должен поддерживаться диалог с потребителями и поставщиками. Управление информационным потоком должно обеспечивать быструю реакцию и цели безопасности. Должен быть установлен процесс общего анализа. Дополнительная информация об управлении цепочкой поставки, связанная с реализацией продукции, приведена в подразделе 7.4 ГОСТ Р 51901.3. В соответствии с целями управления надежностью и безопасностью необходимо рассмотреть:

- рекомендации по перечню основных частей проекта и конструкции продукции;
- установление критериев для выбора привилегированных поставщиков;
- совместное использование данных надежности по критическим характеристикам продукции и истории их функционирования;
- совместное использование данных процесса оценки продукции и выходных данных;

- общий анализ несоответствий и аварийных отказов;
- решение общих проблем для непрерывного улучшения;
- общий анализ ограничений на ресурсы продукции при изменении технологии или моральном устаревании продукции для рынка;
- мониторинг поставщиков.

#### 8.2.7 Ввод продукции в эксплуатацию (Задача 7).

Организация должна обеспечить планирование ввода продукции в эксплуатацию, а также управление переводом новой продукции на стадию эксплуатации. Основными целями надежности и безопасности являются обеспечение готовности продукции для использования, связи с потребителем в отношении претензий и возврата продукции, и распределение ресурсов, необходимых для выполнения функций в чрезвычайных ситуациях. Процесс ввода продукции в эксплуатацию должен включать в себя участие потребителя в оценке функционирования продукции и обратную связь с заинтересованными сторонами о качестве продукции для возможности ее улучшения. Время вывода новой продукции на рынок должно быть согласовано с выпуском продукции, ее обновлением или модификациями, связанными с улучшением продукции, сокращением риска/затрат, совершенствованием бизнес-процессов. По возможности ввод продукции в эксплуатацию должен быть предусмотрен в интегрированном процессе управления проектом для достижения полных результатов и объема поставки продукции потребителю.

#### 8.3 Дисциплины надежности (Элемент 2).

Надежность и безопасность продукции достигается, прежде всего, путем применения технических знаний и успешного использования методов производства. Чтобы обеспечить применение на практике технических решений, связанных с надежностью и безопасностью продукции, необходимо знание специальных технических дисциплин. Необходимые технические дисциплины в сфере надежности описаны в 8.3.1 - 8.3.4.

##### 8.3.1 Обеспечение безотказности (Задача 8).

Обеспечение безотказности - техническая дисциплина, используемая для описания условий функционирования, рабочих нагрузок и установления правил и рекомендаций для проектирования и производства надежной и безопасной продукции. Обеспечение безотказности включает в себя разработку отказоустойчивой конструкции, анализ безотказности, верификацию для подтверждения зрелости и устойчивости проекта и готовности производства.

##### 8.3.2 Обеспечение ремонтпригодности (Задача 9).

Обеспечение ремонтпригодности предназначено для продукции, простой и экономичной при техническом обслуживании. Ремонтпригодность достигается путем обеспечения контролепригодности конструкции, доступности, взаимозаменяемости и унификации элементов при проектировании. Начало и периодичность анализа детализированных критериев ремонтпригодности конструкции определяют на основе требований, установленных к продукции. Обеспечение ремонтпригодности включают в проектирование контролепригодности. Контролепригодность - это свойство конструкции обеспечивать контроль и диагностику ее элементов с помощью установленных средств. Соответственно контролепригодность характеризуется полнотой охвата контролем и диагностированием ее элементов в соответствии с установленными критериями. Цель контроля и диагностирования продукции состоит в выявлении наступления предельных состояний эксплуатации после которых невозможна.

##### 8.3.3 Стандартизация (Задача 11).

Стандартизация является одной из дисциплин надежности и связана с проверкой соответствия проекта требованиям к продукции и правильности выполнения процедур внесения изменений в проект. Стандартизация материалов облегчает выбор и квалификацию поставщиков. Использование стандартов на проектирование, производство, эксплуатацию и обслуживание позволяет минимизировать проблемы, связанные с несоответствиями.

Для проекта должен быть установлен и выполнен план управления конфигурацией. Этот план должен использоваться для идентификации, контроля, учета статуса, оценки, управления

изменениями, реализацией и поставками материалов и документации, входящих в общий проект. Руководство по управлению конфигурацией приведено в ГОСТ Р ИСО 10007.

#### 8.3.4 Человеческий фактор (Задача 12).

Человеческий фактор имеет существенное влияние на функционирование изделий. Для расширения взаимодействия «человек - машина», облегчения эксплуатации и технического обслуживания необходимо использовать рекомендации по проектированию и соответствующие стандарты. Проект должен учитывать антропометрические особенности, сенсорные ограничения и психологические параметры человека, которые влияют на его восприятие и реакцию.

Для обеспечения выполнения всех целей надежности и безопасности регистрируемые прецеденты и процедуры диагностирования должны охватывать элементы человеческого фактора, связанные с условиями функционирования изделий.

При проектировании изделий следует учитывать уровень напряженности труда человека при ее эксплуатации. Должны быть исследованы потенциальные воздействия на персонал, оборудование и окружающую среду в случае инцидента с изделием из-за ошибки человека.

#### 8.4 Анализ и оценка (Элемент 3).

Обеспечение безотказности и ремонтпригодности включает в себя применение различных методов решения проблем надежности. Могут применяться количественные или качественные методы, или и те, и другие, но решения должны учитывать прецеденты технических решений и использования успешно примененных методов производства. Наиболее типичные методы, используемые для анализа и оценки элементов, приведены в 8.4.1 – 8.4.9.

##### 8.4.1 Анализ условий окружающей среды (Задача 13).

Для установления требований к продукции должны быть четко определены режимы эксплуатации, которые будут применяться. Условия использования продукции должны быть определены в терминах установленных характеристик функционирования с допустимыми предельными значениями. Это дает возможность классифицировать условия эксплуатации и идентифицировать возможные отклонения условий окружающей среды для облегчения проектирования продукции, ориентированной на эксплуатацию в определенных условиях окружающей среды и возможные ее изменения. Типичными воздействиями окружающей среды на продукцию являются воздействия механических напряжений. Анализ условий применения продукции необходим для контроля того, что проект продукции соответствует целям и режимам эксплуатации продукции.

##### 8.4.2 Моделирование безотказности (Задача 14).

Для оценки показателей готовности продукции, по возможности, должны использоваться методы моделирования безотказности. Методы моделирования безотказности обеспечивают аналитический подход к определению ожидаемых режимов эксплуатации продукции и эксплуатационных характеристик в нормальных и неблагоприятных ситуациях. Эти методы полезно применять на стадии концепции и определения для выявления имеющихся технических проблем, на стадии разработки и проектирования - для исследования характеристик продукции при введении изменений в конструкцию для уменьшения риска. Стоимость жизненного цикла продукции при проектировании существенно зависит от надежности продукции, прогнозируемой на основе, полученной на ранних этапах информации об эксплуатационных характеристиках, и позволяет определить мероприятия, необходимые для предотвращения излишних затрат.

Моделирование безотказности и имитационное моделирование должны определить причину и влияние условий эксплуатации продукции и ограничений, использованных при моделировании; определить ограничения и предположения, используемые при проектировании продукции; оценить обоснованность используемых данных и интерпретации результатов моделирования, которые могут воздействовать на готовую продукцию в процессе принятия решений, связанных с бизнесом. Соответствующее руководство приведено в ГОСТ Р 51901.5.

##### 8.4.3 Оценка и управление частями (Задача 15).

Оценка и управление частями (компонентами, составными частями, элементами) при проектировании и сборке продукции очень важны для достижения необходимого уровня

надежности и безопасности продукции. Степень оценки и управления частями должна быть согласована с требованиями проекта. Усилия по оценке и управлению важны для обеспечения уверенности в том, что находящиеся на хранении единицы продукции пригодны для запланированного применения. По возможности должен осуществляться процесс управления цепочкой поставок. При этом должны применяться следующие действия:

- при выборе составных частей необходимо установить критические параметры и требования к компонентам, которые могут поступать от нескольких потенциальных поставщиков. Поставщики-монополисты или поставщики, устанавливающие ограничения на поставки, должны быть идентифицированы;

- должны быть изучены возможности потенциальных поставщиков частей с учетом предыдущих деловых отношений. Этот процесс является критическим при приобретении материала, изготовленного по требованиям заказчика в соответствии с назначением продукции;

- должны быть исследованы производственные процессы и гарантийные обязательства поставщика. Анализ поставщиков, если он необходим, может обеспечить доверие в отношениях;

- должны быть установлены части, ответственные за достижение назначенных функциональных, физических, качественных характеристик и характеристик безотказности при использовании продукции по назначению. Это достигается путем квалификации частей, верификации и валидации оценки и испытаний новых частей при необходимости. Выходом процесса является разработанный список основных частей с квалифицированными поставщиками. Необходимые для организации критические части должны быть идентифицированы. Части и связанная с ними информация должны поддерживаться в рабочем состоянии;

- критическими частями являются, например, части с ограниченным сроком годности, элементы последовательной цепочки в структурной схеме надежности, части, влияющие на безопасность, ответственные части процессов, компоненты, изготовленные в соответствии с требованиями потребителя, и т.д.;

- управление частями включает в себя обеспечение рабочего состояния записей данных в произошедших отказах и несоответствиях частей, необходимых для проведения дальнейшего анализа и принятия решений.

Процесс анализа поставщиков должен быть непрерывным.

#### 8.4.4 Анализ проекта и оценка продукции (Задача 16).

Анализ проекта необходим для обеспечения соответствия проекта требованиям к продукции. Методы анализа проекта, связанные с надежностью и безопасностью, включают в себя моделирование безотказности и имитационное моделирование (например, при исследовании нагрузки и прочности), прогнозирование безотказности, анализ видов и последствий неисправности/отказа. Оценка продукции включает в себя испытания при верификации проекта с моделированием рабочих условий, а также испытания для валидации продукции в реальных условиях эксплуатации.

Общие методы анализа надежности, используемые при проектировании и оценке показателей надежности продукции, приведены в ГОСТ Р 51901.5. Общие статистические методы для применения в стандартах и технических условиях описаны в Р 50.1.059 и ГОСТ Р ИСО/ТО 10017.

#### 8.4.5 Анализ риска и причинно-следственных связей (Задача 17).

Анализ потенциальных причин отказов и их воздействия на функционирование продукции должен проводиться для проверки безопасности проекта и минимизации риска при эксплуатации.

Типовые методы анализа включают в себя:

- анализ видов и последствий отказов (FMEA), который является основным качественным методом анализа надежности, особенно удобным для исследования отказов материала, компонентов и оборудования, и их влияния на следующий более высокий функциональный уровень системы. Метод FMEA приведен в ГОСТ Р 51901.12;

- Марковский анализ, который позволяет определить показатели готовности системы с вероятностью перехода из состояния отказа в работоспособное состояние и наоборот. Рекомендации по применению Марковского анализа приведены в ГОСТ Р МЭК 61165;

- анализ риска для определения количественных характеристик риска и вероятности появления неблагоприятных событий. Рекомендации по применению анализа риска приведены в ГОСТ Р 51901.1.

#### 8.4.6 Прогнозирование (Задача 18).

Прогнозирование необходимо проводить на ранних стадиях проектирования и разработки модифицированного объекта по мере продвижения проекта. Результаты прогноза позволяют получить оценку параметров безотказности продукции в виде средней наработки до отказа, средней наработки между отказами или интенсивности отказов. Показатели готовности системы выражают в процентах календарного времени простоя за указанный период работы.

Прогнозы, связанные с продукцией, должны рассматривать условия применения, рабочие нагрузки, сложность структуры и конфигурации системы, а также эмпирические данные, используемые для прогнозирования показателей надежности продукции.

#### 8.4.7 Анализ компромиссных решений (Задача 19).

Анализ компромиссных решений должен проводиться на стадии концепции и определения, на ранних этапах проектирования и разработки для своевременного обеспечения исходными данными задачи распределения надежности. Анализ компромиссных решений может проводиться на любой стадии жизненного цикла продукции в зависимости от исследуемой задачи. Анализ компромиссных решений следует проводить также ближе к завершению жизненного цикла продукции для определения затрат на поддержку эксплуатации или внесение изменений. Анализ стоимости всего жизненного цикла продукции следует дополнять анализом компромиссных решений.

Анализ компромиссных решений может эффективно использоваться для выбора вариантов проекта, решений о покупке или изготовлении компонентов и сравнительного анализа альтернативных решений. Анализ компромиссных решений должен использоваться при выборе технологии, конструктивных или эксплуатационных методов, или объединенного конструктивного и эксплуатационного решения в общей структуре проекта для достижения необходимой эффективности системы и целей рентабельности проекта.

#### 8.4.8 Оценка стоимости жизненного цикла (Задача 20).

Оценка стоимости жизненного цикла продукции проводится для получения количественной оценки стоимости жизненного цикла по компонентам для оценки распределения ресурсов и потенциальных расходов. Количественные оценки часто сопровождаются качественными рекомендациями по внесению изменений. Оценка стоимости жизненного цикла продукции облегчает принятие решений по управлению проектом. Анализ чувствительности продукции часто проводят для анализа ситуации методом «что, если». Результаты анализа жизненного цикла продукции могут быть использованы для:

- распределения и изменения целей надежности и безопасности;
- идентификации критических факторов надежности и безопасности и их влияния на затраты;
- выбора вариантов проектирования и рассмотрения альтернативных проектов;
- оптимизации показателей готовности при заданных ограничениях стоимости жизненного цикла;
- выбора методов распоряжения продукцией для минимизации нанесения вреда окружающей среде и снижения риска в пределах установленной стоимости.

Руководство по определению стоимости жизненного цикла приведено в ИЕС 60300-3-3-2017.

#### 8.4.9 Повышение надежности (Задача 21).

Программы повышения надежности должны проводиться с целью улучшения надежности продукции. Процесс повышения надежности включает в себя процедуры идентификации отказов, анализ их причин, корректирующие действия и верификацию эффективности

предпринятых действий. Для обеспечения непрерывного улучшения, по возможности, необходимо применять профилактические меры. В ГОСТ Р 51901.6 приведено руководство по разработке программ повышения надежности и соответствующих процедур. Методы испытаний по оценке повышения надежности приведены в ГОСТ Р 51901.16.

#### 8.5 Верификация и валидация (Элемент 4).

Безотказность и ремонтпригодность проекта продукции должны быть верифицированы на соответствие требованиям проекта. Валидация характеристик функционирования и эффективности, связанных с надежностью и безопасностью, должна быть проведена при вводе в действие или на ранних стадиях эксплуатации продукции для подтверждения ее соответствия установленным требованиям. Верификация и валидация должны быть частью процесса анализа проекта. Описание методов верификации и валидации приведены в 8.5.1 -8.5.3.

##### 8.5.1 Стратегия верификации и валидации (Задача 22).

Действия по верификации и валидации следует планировать на ранних этапах.

Стратегия верификации должна включать в себя моделирование и испытания продукции для определения адекватности функций и оценок предельных значений показателей надежности, используемых при проектировании надежности и безопасности, и характеристик ремонтпригодности при эксплуатации в установленных условиях окружающей среды. Цель стратегии верификации заключается в подтверждении функциональной и физической эффективности технических моделей или опытных образцов, используемых для исследовательских квалификационных испытаний.

Стратегия валидации должна быть выполнена для готовой продукции в установленных режимах эксплуатации. Процесс валидации должен проводиться совместно с потребителем, если система устанавливается в соответствии с требованиями потребителя. Результаты валидации должны быть зарегистрированы как доказательство приемки системы.

##### 8.5.2 Демонстрация безопасности (Задача 23).

Демонстрация безопасности является одной из целей приемочных испытаний. Демонстрация должна проводиться только до или в процессе ввода системы в эксплуатацию при ее приемке потребителем.

Целью этих испытаний является демонстрация выполнения установленных целей. При возможности и экономической целесообразности демонстрационные испытания должны проводиться вместе с другими предусмотренными испытаниями, проводимыми в тех же условиях. Это обеспечивает более реалистичную валидацию результатов испытаний по отношению к критериям приемки. Процедуры испытаний должны быть установлены в документации с указанием необходимых измерений и условий испытаний. Данные испытаний должны быть зарегистрированы для обеспечения адекватной информации для анализа при определении результатов приемки продукции.

##### 8.5.3 Разбраковка по надежности (Задача 24).

Разбраковка продукции по надежности в условиях нагрузок является процессом, использующим напряжения, возникающие под воздействием окружающей среды, и/или рабочие нагрузки как средство выявления недостатков. Эти недостатки могут возникнуть из-за плохого качества изготовления или неточностей проекта, или процесса производства. Метод разбраковки по надежности выявляет скрытые дефекты продукции и ее частей, ускоряя наступление отказа.

Рекомендации, относящиеся к разбраковке по надежности в условиях реальных нагрузок, приведены в ИЕС 61163-1 и ИЕС 61163-2.

#### 8.6 База знаний (Элемент 5).

База знаний в сфере надежности и безопасности является важным условием эффективной и результативной работы организации. Получение данных о надежности и безопасности, информации и знаний с применением новейших технологий, модернизированных процессов и рыночной информации обеспечивает конкурентоспособность и преимущества организации в бизнесе. Поддерживаемая база знаний имеет важное значение в решении задач управления и выборе стратегии разработки продукции для удовлетворения требований рынка. Знания должны

рассматриваться как стратегические информационные ресурсы. Элементы базы знаний описаны в 8.6.1 -8.6.4.

#### 8.6.1 Создание базы знаний (Задача 25).

Организация должна установить базу знаний в сфере надежности и безопасности, соответствующую деятельности организации. Это обеспечивает доступность адекватной и своевременной информации о надежности и безопасности, что помогает поддерживать активную деятельность по производству изготавливаемого ассортимента и новых моделей продукции. База знаний в сфере надежности и безопасности должна включать в себя:

- проектную информацию о продукции, относящуюся к надежности и безопасности;
- данные функционирования продукции, собранные через сервисную сеть;
- информацию поставщиков о надежности и качестве составных частей;
- проектную информацию о надежности и безопасности продукции, требования надежности и безопасности, рекомендации по применению составных частей, данные прогноза безотказности и ремонтпригодности, источники моделей надежности и ремонтпригодности, информацию о результатах испытаний и, при необходимости, историю приемки продукции.

Данные о функционировании продукции должны включать в себя тенденции повышения надежности продукции, информацию о техническом обслуживании и ремонте, гарантийных возвратах, сообщения об инцидентах и последующие решения, информацию обратной связи с потребителем и претензии (см. ИЕС 60300-3-2).

Данные о функционировании продукции должны включать в себя тенденции повышения надежности продукции, информацию о техническом обслуживании и ремонте, гарантийных возвратах, сообщения об инцидентах и последующие решения, информацию обратной связи с потребителем и претензии (см. ИЕС 60300-3-2).

Информация о поставщиках должна включать в себя историю надежности поставляемых составных частей, пределы изменения их надежности, данные контроля и разбраковки, квалификационные критерии и источники информации о поставщиках.

#### 8.6.2 Анализ данных (Задача 26).

Анализ данных необходим для выявления тенденций изменения надежности и безопасности, идентификации аномальных изменений и, при необходимости, инициирования предупреждающих или корректирующих действий. Анализ результатов испытаний, данных эксплуатации или других источников может обеспечить понимание и получение информации об изменении надежности и безопасности, индикацию системных проблем для анализа их причин. Все проанализированные данные должны интерпретироваться с объяснениями и анализом, необходимым для последующего принятия решений руководством и последующих действий непрерывного улучшения качества продукции.

#### 8.6.3. Сбор и распространение данных (Задача 27)

Система сбора и распространения данных должна быть сконцентрирована на сборе данных из соответствующих источников и поставке информации персоналу, ответственному за принятие решений. Основанные на фактах данные важны для повышения надежности и безопасности и принятия решений, связанных с бизнесом. Рекомендации по инвестициям в улучшение должны основываться на интерпретации данных.

Данные, собранные и распространяемые через систему, включают в себя данные, относящиеся к функционированию изготавливаемой продукции и обратной связи с пользователем.

Результаты оценки продукции, данные испытаний, верификации и валидации, результаты анализа продукции и анализа поставщиков должны быть включены как часть собираемых данных. Система сбора и распространения данных должна быть простой и адекватной для обеспечения данными, необходимыми для анализа надежности, безопасности и принятия решений. В идеальной ситуации необработанные данные, относящиеся к отказам и процедурным ошибкам, должны быть легко получаемыми для проведения дальнейшего анализа. Поэтому проектирование и разработка системы сбора и распространения данных должны исследоваться с позиций целесообразности и эффективности эксплуатации продукции. Система сбора и распространения данных должна также исследоваться с позиций использования при классификации, архивировании и поиске документов, управления данными, информационной защиты и безопасности.

#### 8.6.4 Записи о надежности и безопасности (Задача 28).

Записи о надежности и безопасности должны включать в себя все необходимые данные о надежности и безопасности, требуемые в соответствии с контрактом и регулируемыми документами. Типичные записи, необходимые для хранения, включают в себя:

- хронологию надежности продукции для выбора привилегированных поставщиков;
- отчеты о безотказности, ремонтпригодности и готовности;
- информацию о верификации и валидации для обеспечения тенденций улучшения продукции и пригодности продукции для использования;
- записи об анализе причин отклонений для инициирования снижения риска и затрат на устранение неблагоприятных последствий;
- записи о демонстрации безопасности при приемке продукции;
- записи об эксплуатации и гарантийном обслуживании для улучшения и модернизации.

Возможность контроля подсистем и компонентов усиливает значимость записей о надежности. Продолжительность хранения записей должна быть установлена в контракте.

#### 8.7 Улучшение (Элемент 6).

Улучшение является ключевым процессом обеспечения жизнеспособности бизнеса за счет улучшения бизнес-процессов и продукции предприятия. Непрерывное улучшение обеспечивает необходимые стимулы для развития бизнеса. Инвестиции в новейшие технологии и продукцию позволяют повысить конкурентоспособность продукции и создать преимущества организации на рынке. Календарное планирование действий по улучшению очень важно для возвращения инвестиций. Описания элементов улучшения приведены в 8.7.1 -8.7.4.

##### 8.7.1 Задача 29. Предупреждающие и корректирующие действия

Предупреждающие действия выполняют для устранения причин возможных нежелательных ситуаций. Корректирующие действия выполняют для устранения причин существующих нежелательных ситуаций. Корректирующие действия должны предотвращать повторные появления нежелательных ситуаций, а предупреждающие действия - предотвращать возможность возникновения неблагоприятной ситуации.

Предупреждающие и корректирующие действия являются частью процесса улучшения. Успех или эффективность предупреждающих и корректирующих действий зависит от используемого подхода и применяемых методов. Для облегчения инициирования предупреждающих и корректирующих действий следует использовать информационную систему. Должно быть назначено ответственное лицо с указанием даты завершения или прекращения задачи. Результат действий должен быть верифицирован для определения эффективности устранения проблемы. Предупреждающие и корректирующие действия должны быть установлены в документации и быть прослеживаемыми.

##### 8.7.2 Усовершенствование и модификация (Задача 30).

Усовершенствование следует проводить с целью улучшения качества продукции в отношении расширения ее функций и возможностей. Модификацию проводят в соответствии с процедурами усовершенствования продукции. Усовершенствование и модификация должны отражать результаты инициирования и эффективного выполнения процесса улучшения. Они должны соответствовать процессу управления конфигурацией для прослеживаемости записей и облегчать проведение анализа данных для установления тенденций улучшения. Руководство по управлению конфигурацией приведено в ГОСТ Р ИСО 10007.

##### 8.7.3 Повышение компетентности персонала (Задача 31).

Повышение компетентности персонала необходимо для расширения базы знаний и инвестиций ресурсов при непрерывном улучшении. Соответствующий уровень компетентности необходим для обеспечения способности организации выдерживать натиск современных технологий, не снижая конкурентоспособности продукции.

Знания и компетентность в сфере надежности и безопасности могут быть достигнуты за счет базового образования и обучения на рабочем месте, применения программ наставничества, ученичества, а также привлечения к сотрудничеству научных организаций, регулярного повышения квалификации на специальных курсах.

Повышение компетентности необходимо рассматривать как периодические технические обновления знаний о надежности и безопасности. Оно может быть достигнуто путем участия большого числа персонала в технологических форумах, технологических профессиональных семинарах по надежности и безопасности, а также в различных группах по поиску решений проблем надежности, безопасности и перекрестных функциональных группах для получения опыта применения методов надежности и безопасности в промышленности. Однако при открытых обсуждениях должны соблюдаться права интеллектуальной собственности и правила неразглашения конфиденциальной информации.

#### 8.7.4 Улучшение системы менеджмента надежности и безопасности (Задача 32).

Эффективность системы менеджмента надежности и безопасности необходимо регулярно оценивать. Оценка должна инициироваться процессом улучшения. Для улучшения системы менеджмента надежности необходимо рассмотреть следующие аспекты:

- высшее руководство должно создать рабочую среду и поддерживать инфраструктуру для поощрения творчества, эффективности, расширения возможностей бизнеса и помощи процессу улучшения надежности;

- надежностью и безопасностью управляют рынок и новые технологии. Персонал организации должен непрерывно повышать свою квалификацию и компетентность и совершенствовать базу знаний в области надежности и безопасности;

- высшее руководство должно устанавливать достижимые цели, ввести применение бенчмаркинга и расширять практику обеспечения надежности и безопасности для обеспечения конкурентоспособности продукции;

- новые идеи по улучшению надежности, безопасности и вариантов снижения стоимости должны быть установлены и доведены до сведения всех сотрудников организации;

- должна быть установлена программа признания заслуг и награждения для поощрения достижений в непрерывном улучшении;

- должны поддерживаться в рабочем состоянии соответствующие записи в качестве информационных ресурсов для действий по улучшению надежности и безопасности, если это экономически оправдано.

## **9 Требования к управлению охраны окружающей среды при вводе в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации**

9.1 Источником загрязнения окружающей среды при эксплуатации изделий являются промасленная ветошь обтирочная (после удаления смазки).

9.2 В целях охраны окружающей среды от загрязнения промасленная ветошь обтирочная, а также тара (упаковка) из-под смазочных материалов подлежат обязательному сбору и сдаче продавцу (поставщику / изготовителю) смазочных материалов. Продавец должен иметь возможность самостоятельно или по договору с третьей стороной осуществлять утилизацию отработанной продукции. Допускается проведение утилизации отработанной продукции эксплуатирующей организацией самостоятельно при соблюдении действующих на территории Таможенного союза норм и правил.

9.3 Утилизация промасленной ветоши обтирочной как самостоятельно, так и в смеси с другими нефтепродуктами путем сжигания запрещена, за исключением специализированных промышленных установок, прошедших государственную экологическую экспертизу. Производители или поставщики смазочных материалов на территорию Таможенного союза обязаны обеспечить их утилизацию или вывоз за пределы границ Таможенного союза.

## **10 Требования к сбору и анализу информации по безопасности при вводе в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации**

10.1 Процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для обеспечения своевременного устранения системных ошибок, допущенных при проектировании,

производстве монтаже, эксплуатации, утилизации, разработке документации на изделия; сбору информация по случаям причинения вреда жизни и здоровья, материальным ценностям, экологии и оценки их размера; обеспечения соответствия системы менеджмента качества и постоянного повышения ее результативности приведены в разделе 8.6 настоящего документа.

10.2 Основные рекомендации по предотвращению аварийных ситуаций приведены в руководстве по эксплуатации насосно-компрессорных труб.

10.3 Регламент действий для установления причин аварий

10.3.1 От аварийных изделий отбираются образцы для проведения экспертизы с целью выяснения причины аварии.

10.3.2 Отрезка образцов производится механическим или огневым способом по размерам, сохраняющим по возможности заводскую маркировку.

10.3.3 На отобранные образцы составляется акт для отправки их на техническую экспертизу.

10.3.4 На каждом образце должно быть металлическое клеймение, означающее номер образца и номер скважины. В случае, когда заводская маркировка не попадает на образец, она должна быть перенесена на образец металлическим клеймением.

Отобранные образцы печатываются и снабжаются этикетками, подписанными лицами, участвующими в отборе.

10.3.5 В сопроводительном документе или акте дается расшифровка клеймения, нанесенного на образец, и указываются: номер стандарта или технических условий, в соответствии с которыми изготовлено изделие, заводской номер, номер плавки, номер сертификата, дата изготовления, завод-изготовитель.

10.3.6 Отобранные образцы печатываются либо пломбируются и снабжаются этикетками, подписанными участвующими в отборе, затем направляются на экспертизу в организацию, указанную в договоре на поставку, или в другую независимую организацию, имеющую соответствующую лицензию.

## **11 Требования безопасности при утилизации**

11.1. Предприятия, организации и хозяйства, заготавливающие, сдающие, перерабатывающие и переплавляющие вторичные черные металлы, а также отгружающие или производящие их перегрузку в портах и прочих пунктах, должны проверять все вторичные черные металлы на взрывобезопасность и удалять из них все предметы, содержащие взрывоопасные горючие и легковоспламеняющиеся вещества.

11.2 Сдаваемые в металлолом изделия должны быть освобождены от остатков горючих и смазочных веществ (а в зимнее время - от льда и снега) и доступны для осмотра внутренней поверхности.