

Публичное акционерное общество  
«Синарский трубный завод»  
(ПАО «СинТЗ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Главный инженер  
ПАО «СинТЗ»



Е.М. Засельский

ОБСАДНЫЕ И НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ ТРУБЫ  
ПО API SPEC 5CT  
ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
СТО ОБ 00186631-013-2017

СОГЛАСОВАНО  
Начальник технического  
управления ПАО «СинТЗ»

\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_» Н.Т. Тихонцева  
2017 г.

РАЗРАБОТАЛ  
Директор  
ООО «Квалитет-Эксперт»



В.В. Толмачев  
2017 г.

## Введение

Настоящее Обоснование безопасности распространяется на трубы стальные, применяемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб (НКТ) для скважин, изготавливаемые Публичным акционерным обществом «Синарский трубный завод» (ПАО «СинТЗ») по API Spec 5CT «Обсадные и насосно-компрессорные трубы. Технические условия».

Оригинал данного документа хранится у разработчика и изготовителя обсадных труб – Публичное акционерное общество «Синарский трубный завод». Копия Обоснования безопасности в бумажном и (или) электронном виде должна храниться у организации, эксплуатирующей обсадные и насосно-компрессорные трубы, либо должен быть предоставлен открытый доступ к документу.

Дополнительно к настоящему Обоснованию безопасности следует пользоваться:

- API Spec 5CT;
- руководствами по эксплуатации.

## 1 Основные параметры и характеристики труб

### 1.1 Номенклатура труб

Номенклатура труб выпускаемых ПАО «СинТЗ» по API Spec 5CT приведена в таблицах 1.1-1.2.

Таблица 1.1 – Номенклатура обсадных труб

код ТН ВЭД ЕАС	Трубы стальные бесшовные обсадные:
	уровни требований PSL-1/PSL-2/PSL-3; - наружный диаметр от 114,30 до 168,28 мм; - толщина стенки от 5,21 до 12,06 мм; - группы длин 1/2/3; - вид труб: -- обсадные трубы без резьбы; -- обсадные трубы с резьбой: --- тип соединения: ---- с короткой закругленной резьбой (SC); ---- с удлиненной закругленной резьбой (LC); ---- с упорной резьбой (BC); ---- со специальной отделкой концов; -- обсадные трубы со специальными муфтами BC; -- обсадные трубы со специальными муфтами со специальной фаской BC; -- обсадные трубы без муфт
7304 29 100 9	- класс 1: группы прочности: N40, J55, K55, N80 типы 1 и Q, R95; - класс 2: группы прочности C90, L80 тип 1, M65, T95;
7304 29 100 1	- класс 2: группы прочности C110; - класс 3: группы прочности P110; - класс 4: группы прочности Q125

Таблица 1.2 – Номенклатура насосно-компрессорных труб

код ТН ВЭД ЕАС	Трубы стальные бесшовные насосно-компрессорные
	-уровни требований PSL-1/PSL-2/PSL-3; - наружный диаметр от 33,40 до 114,30 мм; - толщина стенки от 3,38 до 10,92 мм; - группы длин 1/2/3; - вид труб: -- насосно-компрессорные трубы без резьбы / с резьбой / со специальной отделкой концов; -- насосно-компрессорные трубы без высадки (NU) / с наружной высадкой (EU); -- насосно-компрессорные трубы со специальными муфтами EU; -- насосно-компрессорные трубы с обычными муфтами со специальной фаской NU, EU; -- насосно-компрессорные трубы без муфт;
7304 29 100 9	- класс 1: группы прочности: N40, J55, N80 типы 1 и Q, R95; - класс 2: группы прочности C90, L80 типы 1 и 13Cr, T95;
7304 29 100 1	- класс 3: группы прочности P110

## 1.2 Идентификация труб

1.2.1 Маркировка труб производится в соответствии с разделом 11 и приложением F API Spec 5CT.

1.2.2 В прилагаемых эксплуатационных документах, должен быть нанесен знак обращения на рынке государств-членов Таможенного союза.

1.3 Трубы спроектированы с учетом требований следующих стандартов:

ГОСТ Р ИСО 10007-2007 Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией

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

ГОСТ ISO 12100-2013 Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска.

ГОСТ Р МЭК 61160-2015 Проектный менеджмент. Документальный анализ проекта

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 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей.

ГОСТ Р 51901.15-2005 Менеджмент риска. Применение Марковских методов

ГОСТ Р 51901.16-2005 Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки.

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

ГОСТ Р 54918-2012 (ISO/TR 10400:2007) Трубы обсадные, насосно-компрессорные, бурильные и трубы для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Формулы и расчет свойств

ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска

API Spec 5CT Обсадные и насосно-компрессорные трубы. Технические условия

ГОСТ 10692-2015 Трубы стальные, чугунные и соединительные детали к ним. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

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 Р ИСО 13678-2015 Трубы обсадные, насосно-компрессорные, трубопроводные и элементы бурильных колонн для нефтяной и газовой промышленности. Оценка и испытание резьбовых смазок.

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. Раздел 2. 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

ИЕС 61163-2 (МЭК 61163-2) Сплошная проверка аппаратных элементов на надежность в напряженном состоянии. Часть 2: Электронные компоненты.

Р 50.1.059-2006 Статистические методы. Руководство по выбору статистических методов для стандартов и технических условий.

## 2 Общие принципы обеспечения безопасности труб

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 колонн обсадных и 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 труб

#### 3.1 Показатели надежности

Назначенный срок службы для обсадных и насосно-компрессорных труб в соответствии с таблицей 3.1 при выполнении следующих условий:

- Отсутствие коррозионного, эрозийного, окалинообразующего, охрупчивания и других неблагоприятных воздействий на металл со стороны транспортируемых веществ и (или) окружающей среды,
- Монтаж, контроль, испытания и техническое освидетельствование в процессе эксплуатации в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"
- Выполнение требований Руководств по эксплуатации.

Таблица 3.1 – Назначенный срок службы для обсадных и насосно-компрессорных труб

Наименование	Назначенный срок службы
Насосно-компрессорные трубы	10 спуско - подъемных операций или 365 суток с момента ввода в эксплуатацию (что наступит раньше).
Обсадные трубы	Не менее 365 суток с момента ввода в эксплуатацию

#### 3.2 Контроль технического состояния

##### 3.2.1 Контроль технического состояния обсадных колонн

Оценка технического состояния обсадной колонны скважины с целью оценки эксплуатационной надежности включает:

- получение фоновых кривых, характеризующих первоначальное техническое состояние обсадных колонн и цементного кольца с целью формирования "паспорта" технического состояния крепи скважин;
- определение зон износа обсадных колонн, остаточной толщины труб и их остаточной прочности;
- обнаружение порывов и трещин по телу обсадных труб и их характера (продольных, поперечных, направленных под углом к оси обсадной колонны);
- обнаружение интервалов интенсивной коррозии и сквозных прорывлений обсадных колонн;
- обнаружение негерметичных муфтовых соединений и иных мест негерметичности обсадных колонн,
- определение состояния цементного кольца и обнаружение интервалов заколонных перетоков.

Для изучения технического состояния обсадных колонн применяют методы:

- трубной профилометрии (электромеханическая и электромагнитная);
- электромагнитной дефектоскопии;
- электромагнитной (магнитоимпульсной) толщинометрии;
- гамма-дефектометрии - толщинометрии;
- акустического каротажа;
- высокочувствительной термометрии;
- спектральной шумометрии;
- дифференциальной расходомерии и высокочувствительной притокометрии;
- резистивиметрии;
- диэлькометрии;
- закачки жидкости с добавлением веществ-индикаторов, короткоживущих радионуклидов.

Определение местоположения муфтовых соединений обсадных колонн и привязка их к геологическому разрезу производится с помощью магнитных локаторов муфт (аппаратуры электромагнитной дефектоскопии) и аппаратуры гамма-каротажа.

В зависимости от задач контроля используются все или часть указанных методов.

### 3.2.2 Контроль технического состояния НКТ

Оценка пригодности НКТ для дальнейшей эксплуатации включает:

- проверку состояния стенки по внутренней поверхности изделия и остаточной толщины стенки, чтобы оценить стойкость тела изделия к разрыву и растяжению;
- проверку состояния резьбы, чтобы оценить стойкость к утечке;
- проверку конусности резьбы ниппельного конца, чтобы оценить свинчиваемость.

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

## 3.3. Критерии предельных состояний

### 3.3.1 Критерии предельных состояний обсадных колонн

К основным видам дефектов обсадных колонн относятся:

- сосредоточенный желобной износ замками и трубами буровой колонны в местах интенсивного искривления и перегибов стволов скважин более 50% толщины стенки;
- порезы и иссечение внутренней поверхности труб резцами долот при разбуривании цементных стаканов более 50% толщины стенки;
- деформация и смятие обсадных колонн;
- порывы и трещины по телу труб;
- сквозные протертости и ослабления резьб в муфтовых соединениях;
- потеря герметичности в муфтовых соединениях и по телу труб;
- коррозионные повреждения более 50% толщины стенки.

### 3.3.2 Критерии предельных состояний НКТ

#### 3.3.2.1 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, рекомендуется их использование в условиях, когда коррозия не является существенным фактором. Изделия с более равномерной потерей металла вследствие механического износа менее чувствительны к коррозионному воздействию и их класс должен быть снижен, исходя из остаточной толщины стенки.

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

#### 3.3.2.2. Состояние резьбы

При контроле резьбы бывших в употреблении НКТ необходимо проверить соответствие резьбы требованиям, деформацию и усталостные трещины на последних витках резьбы, входящих в зацепление.

Увеличенный шаг резьбы на участке последних витков резьбы, входящих в зацепление, указывает, что резьба была подвергнута растяжению при подъеме под нагрузкой, превышающей предел текучести соединения. При последующем свинчивании такая резьба войдет в зацепление с резьбой муфты, но не обеспечит требуемой прочности и герметичности соединения.

Деформация резьбы может произойти как при развинчивании соединений, особенно, когда нижний ключ устанавливается на муфту, так и при неоднократном свинчивании, когда с каждым разом резьба свинчивается все дальше, приводя к возникновению натяга.

На изделиях, подвергавшимся осевому двустороннему растяжению, часто возникают усталостные трещины во впадине профиля последних витков резьбы, входящих в зацепление. Усталостные трещины снижают величину допускаемого растяжения и могут привести к разрушению соединения при использовании.

Указанные повреждения служат основанием для списания НКТ.

### 3.3.2.3. Уменьшение конуса ниппельного конца

У НКТ, многократно спускавшихся в скважину и поднимавшихся из нее в составе спусковых колонн, диаметр ниппелей может уменьшиться вследствие деформации при неоднократном свинчивании. Такое уменьшение может ухудшить прочность соединения, стойкость к утечке и, в самых плохих случаях, привести к схождению ниппельных концов в середине муфты свинченного соединения.

Контроль уменьшения конуса ниппельного конца производят резьбовыми калибрами. При обнаружении несоответствий производят списание изделий.

## 3.4 Конструктивные способы повышения надежности

### 3.4.1 Резервирование

3.4.1.1 Расчет внутреннего избыточного давления при котором наибольшее напряжение в изделиях достигает предела текучести.

Расчеты проводятся на основании формулы (14) раздела 7.4 ГОСТ Р 54918. Используется модель пластического разрушения тела изделия с торцевым уплотнением со следующими коэффициентами:

$a_N$  – глубина несовершенства, сопоставимая с конкретным уровнем приемки, т.е. наибольшая глубина несовершенства типа трещины, которая может быть принята системой контроля как допустимое несовершенство при установленном уровне приемке;

$k_a$  – коэффициент прочности при разрушении, при отсутствии результатов испытаний принимается равным 2,0;

$k_{dr}$  – поправочный коэффициент 1,0, рассчитанный по деформации трубы и деформационному упрочнению металла, равный  $\left[ (0,5)^{n+1} + (1/\sqrt{3})^{n+1} \right]$ ;

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

Предельные внутренние давления для насосно-компрессорных труб по API Spec 5CT приведены в таблице А.9 приложения А руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

3.4.1.2 Расчет наружного избыточного давления при котором наибольшие напряжения в изделии достигают предела текучести

Минимальная прочность изделия на смятие при отсутствии осевого усилия и внутреннего давления определяется при помощи уравнений (35), (37), (39), (41) раздела 8.2 ГОСТ Р 54918 в зависимости от минимального предела текучести и размеров поперечного сечения изделия.

Предельные наружные давления (стойкость к смятию) для насосно-компрессорных труб по API Spec 5CT приведены в таблице А.9 приложения А руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

### 3.4.1.3 Прочность соединения обсадных труб с упорной резьбой

Расчеты проводятся на основании формул (60), (61) раздела 9.2 ГОСТ Р 54918.

Прочность соединений обсадных труб с упорной резьбой определяют по минимальной прочности резьбы трубы и прочности муфты.

#### 3.4.1.3.1 Допущения и ограничения

Расчетные формулы прочности соединения с упорной резьбой основаны на следующих допущениях:

- разрушение соединения из-за срыва витков резьбы невозможно;



- не учитывается влияние внутреннего и наружного давлений;
- не учитывается влияние кривизны трубы.

#### 3.4.1.3.2 Требования к данным

Для выполнения расчета прочности соединения обсадных труб с упорной резьбой необходимы следующие исходные данные:

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$E_7$  – средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$\sigma_{umnc}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

$\sigma_{umnp}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

$\sigma_{ymnp}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

$h_B$  – высота профиля упорной резьбы: 1,575 мм;

$A_B$  – расстояние, составляющее 10,16 мм для труб диаметром 114,3; 12,7 мм для труб диаметром 127,0 до 168,3 мм;

$L_7$  – длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм;

$T_d$  – конусность, мм/мм;

$D_M$  – номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

#### 3.4.1.3.3 Расчетные формулы

Расчет на прочность соединений обсадных труб с упорной резьбой проводится по минимальной прочности резьбы трубы и прочности резьбы муфты.

Расчет на прочность по резьбе трубы проводится по формуле:

$$R_j = 0,95 A_p \sigma_{umnp} [1,008 - 0,00156(1,083 - \sigma_{ymnp} / \sigma_{umnp})]$$

Расчет на прочность резьбы муфты проводится по формуле:

$$R_j = 0,95 A_{jc} \sigma_{umnc}$$

где:

$A_{jc}$  – площадь поперечного сечения муфты,  $A_{jc} = \pi/4 (W^2 - d_1^2)$ , кв. мм;

$A_p$  – площадь поперечного сечения трубы,  $A_p = \pi/4 (D^2 - d^2)$ , кв. мм;

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$d$  – внутренний диаметр трубы,  $d = D - 2t$ , мм;

$d_1$  – диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании, мм;

$\sigma_{umnp}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

$\sigma_{umnc}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

$\sigma_{ymnp}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

$R_j$  – прочность соединения, Н;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы;

$D_M$  – номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

$$d_1 = E_7 - (L_7 + I_B) T_d + h_B$$

где:

$E_7$  – средний диаметр резьбы в основной плоскости, мм;

$h_B$  – высота профиля упорной резьбы 1,575 мм;

$A_B$  – расстояние, составляющее 10,16 мм для труб диаметром 114,3; 12,7 мм для труб диаметром 127,0 до 168,3 мм;

$L_7$  – длина резьбы трубы с полным профилем, мм;

$T_d$  – конусность, мм/мм;

#### 3.4.1.4 Прочность соединения обсадных труб с треугольной резьбой

Расчеты проводятся на основании формул (54), (55), (56) раздела 9.2 ГОСТ Р 54918.

Прочность соединений обсадных труб с треугольной резьбой определяют по минимальной стойкости к разрушению трубы в плоскости последнего витка резьбы с полным профилем (стойкости к срыву резьбы трубы) и стойкости к разрушению тела муфты. При определенных размерах муфты прочность муфты может быть меньше прочности тела трубы. Прочность муфты рассчитывают по впадине витка резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании

##### 3.4.1.4.1 Допущения и ограничения

В формуле для расчета прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой не учитывается возможное воздействие внутреннего или наружного давления. Не учитывается также влияние на прочность соединения кривизны обсадных труб.

##### 3.4.1.4.2 Требования к данным

Для выполнения расчета прочности соединения обсадных труб с треугольной резьбой необходимы следующие исходные данные:

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$\sigma_{umnp}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

$\sigma_{ymnp}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

$L_{et}$  – длина сопряжения при механическом свинчивании соединения с номинальными геометрическими параметрами, равная  $(L_4 - M)$ , мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм;

Для расчета прочности муфты с треугольной резьбой необходимы следующие исходные данные:

$A$  – натяг при ручном свинчивании;

$E_1$  – средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

$\sigma_{umnc}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

$H$  – высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

$L_1$  – расстояние от торца трубы до плоскости ручного свинчивания, мм;

$s_m$  – срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм;

$T_d$  – конусность, мм/мм;

$D_m$  – номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм.

##### 3.4.1.4.3 Расчетные формулы

Расчет прочности соединений обсадных труб с треугольной резьбой проводят при минимальной прочности тела трубы по прочности витков резьбы трубы на срыв и прочности муфты.

Расчет на прочность тела трубы проводится по формуле:

$$P_j = 0,95 A_{jp} \sigma_{umnp}$$

Расчет на прочность витков резьбы трубы на срыв проводится по формуле:

$$P_j = 0,95 A_{jp} L_{et} [(0,74D^{-0,59} \sigma_{umnp}) / (0,5L_{et} + 0,14D) + \sigma_{ymnp} / (L_{et} + 0,14D)]$$

Расчет на прочность муфты проводится по формуле:

$$P_j = 0,95 A_{jc} \sigma_{umnc}$$

где:

$P_j$  – прочность соединения, Н;

$A_{jp}$  – площадь поперечного сечения трубы в плоскости последнего витка резьбы сплошным профилем,  $A_{ip} = \pi/4 [(D - 2h_s)^2 - d^2]$ , кв. мм;

$\sigma_{umnp}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для тела трубы, МПа;

$L_{et}$  – длина сопряжения при механическом свинчивании соединения с номинальными геометрическими параметрами, равная  $(L_4 - M)$ , мм;

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$\sigma_{ymnp}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении для тела трубы, МПа;

$A_{jc}$  – площадь поперечного сечения муфты,  $A_{jc} = \pi/4 (D_m^2 - d_1^2)$ , кв. мм;

$\sigma_{umnc}$  – заданный минимальный предел прочности при растяжении для муфты, МПа;

$d$  – внутренний диаметр трубы, равный  $(D - 2t)$ , мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм;

$D_m$  – номинальный наружный диаметр обычной муфты, мм;

$d_1$  – диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы при механическом свинчивании,  $d_1 = E_1 - (L_1 + A)T_d + H - 2s_m$ , мм;

$E_1$  – средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

$L_1$  – расстояние от торца трубы до плоскости ручного свинчивания, мм;

$A$  – натяг при ручном свинчивании, мм;

$T_d$  – конусность, мм/мм;

$H$  – высота исходного профиля треугольной резьбы, мм;

$h_s$  – высота профиля треугольной резьбы, мм;

$s_m$  – срез по впадинам профиля треугольной резьбы, мм;

#### 3.4.1.5 Прочность соединений НКТ с невысаженными концами

Прочность соединений НКТ с невысаженными концами и треугольной резьбой рассчитывают как произведение предела текучести на площадь поперечного сечения трубы под последним полным витком резьбы. Площади поперечных сечений обычных и специальных муфт всегда больше, чем площади критических сечений свинчиваемых с ними труб, и не влияют на прочность соединения. Расчеты проводятся на основании формулы (63) раздела 9.2 ГОСТ Р 54918.

Прочность соединений НКТ с невысаженными концами и трапецеидальной резьбой рассчитывают по формулам (60), (61) раздела 9.2 ГОСТ Р 54918 в соответствии с п. 3.4.1.3 настоящего документа.

##### 3.4.1.5.1 Допущения и ограничения

Формула для расчета на прочность соединений НКТ с невысаженными концами не учитывает возможное наличие внутреннего и наружного давления. Не учитывается также возможное воздействие кривизны НКТ.

##### 3.4.1.5.2 Требования к данным

Для выполнения расчета прочности соединения НКТ с невысаженными концами необходимы следующие исходные данные:

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$D_4$  – наружный диаметр резьбы трубы, мм;

$\sigma_{ymn}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

$h_s$  – высота профиля треугольной резьбы, мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм.

##### 3.4.1.5.3 Расчетные формулы

Расчет прочности при растяжении для соединений НКТ с невысаженными концами и треугольной резьбой проводится по формуле:

$$P_j = \sigma_{ymn} \{ \pi/4 [(D_4 - 2h_s)^2 - d^2] \}$$

где:

$P_j$  – прочность соединения, Н;

$\sigma_{ymn}$  – заданный минимальный предел текучести при растяжении, МПа;

$D_4$  – наружный диаметр резьбы трубы, мм;

$h_s$  – высота профиля треугольной резьбы, мм;

$d$  – внутренний диаметр трубы, равный  $(D - 2t)$ , мм;

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм.

3.4.1.5.4 Предельные растягивающие нагрузки для НКТ с невысаженными концами приведены в таблице А.10 приложения А руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

#### 3.4.1.6 Прочность соединений НКТ с высаженными концами

Прочность соединений НКТ высаженными концами и треугольной резьбой рассчитывают как произведение предела текучести на площадь поперечного сечения тела трубы. Площадь поперечного сечения тела трубы под последним полным витком резьбы НКТ с высаженными концами больше, чем площадь поперечного сечения тела трубы. Площади критических поперечных сечений обычных и специальных муфт всегда больше, чем площади критических сечений свинчиваемых с ними труб, и не влияют на прочность соединения. Расчеты проводятся на основании формулы (64) раздела 9.2 ГОСТ Р 54918.

##### 3.4.1.6.1 Допущения и ограничения

Формула для расчета прочности соединений НКТ с высаженными концами не учитывает возможное наличие внутреннего и наружного давления. Не учитывается также возможное воздействие кривизны НКТ.

##### 3.4.1.6.2 Требования к данным

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

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

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

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм.

##### 3.4.1.6.3 Расчетные формулы

Расчет прочности при растяжении для соединений НКТ с высаженными концами проводится по формуле:

$$P_j = \sigma_{ymn} [\pi/4(D^2 - d^2)]$$

где:

$P_j$  – прочность соединения, Н;

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

$d$  – внутренний диаметр трубы, равный  $(D - 2t)$ , мм;

$D$  – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

$t$  – номинальная толщина стенки трубы, мм.

3.4.1.6.4 Предельные растягивающие нагрузки для НКТ с высаженными концами приведены в таблице А.10 приложения А руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные».

### 3.5. Организация системы технического диагностирования

#### 3.5.1 Организация системы технического диагностирования обсадных колонн

Сроки диагностирования обсадных колонн в соответствии с таблицей 3.18.

Таблица 3.18 - Сроки проведения технического диагностирования скважин

Группа ПХГ	Категория скважин	
	Эксплуатационные	Наблюдательные, пьезометрические, контрольные, геофизические и другие специальные
1 - продукция не содержит коррозионно-активные и абразивные компоненты	после 30 лет эксплуатации	после 35 лет эксплуатации

2 - продукция не содержит коррозионно-активные компоненты, пласт-коллектор представлен породами, склонными к разрушению при эксплуатации;	после 25 лет эксплуатации	после 30 лет эксплуатации
3 - продукция содержит коррозионно-активные компоненты не более допустимых по ГОСТ 5542-87, при парциальном давлении до 345 Па, позволяющем применять оборудование в стандартном исполнении.	после 15 лет эксплуатации	после 20 лет эксплуатации

### 3.5.2 Организация технологического диагностирования НКТ

Сроки диагностирования НКТ – в соответствии с разделом 3.1 настоящего документа.

### 3.6 Обеспечение сохраняемости

Для обеспечения сохраняемости изделий 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.

#### 3.6.1 Сохраняемость обсадных труб

3.6.1.1 Комплекс мер по упаковыванию для обеспечения сохраняемости обсадных труб приведен в разделе 4.2 Руководства по эксплуатации «Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации».

3.6.1.2 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости обсадных труб при хранении приведен в разделе 5.2 Руководства по эксплуатации «Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации».

3.6.1.3 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости обсадных труб при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах приведен в разделе 5.1 Руководства по эксплуатации «Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации».

#### 3.6.2 Сохраняемость НКТ

3.6.2.1 Комплекс мер по упаковыванию для обеспечения сохраняемости НКТ приведен в разделе 3.2 Руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

3.6.2.2 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости НКТ при хранении приведен в разделе 4.2 Руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

3.6.2.3 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости НКТ при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах приведен в разделе 4.1 Руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

#### 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 обсадных и насосно-компрессорных труб, и переходников, правила отбраковки (критерии предельных состояний).

Профессиональная подготовка: не ниже среднего специального образования.

## 5 Анализ риска

Данный раздел выполнен к.ф.м.н. Толмачевым В.В. - зав.лабораторией “Менеджмент риска и оценка соответствия” ФГУП “УНИИМ”, членом ТК 10 “Менеджмент риска”, экспертом по подтверждению соответствия продукции из черных металлов и их сплавов (РОСС RU.0001.31012536).

В данном разделе проведена идентификация опасностей и расчет степени риска эксплуатации изделия при помощи графов риска согласно п.8.4.3 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 (рис.5.1).

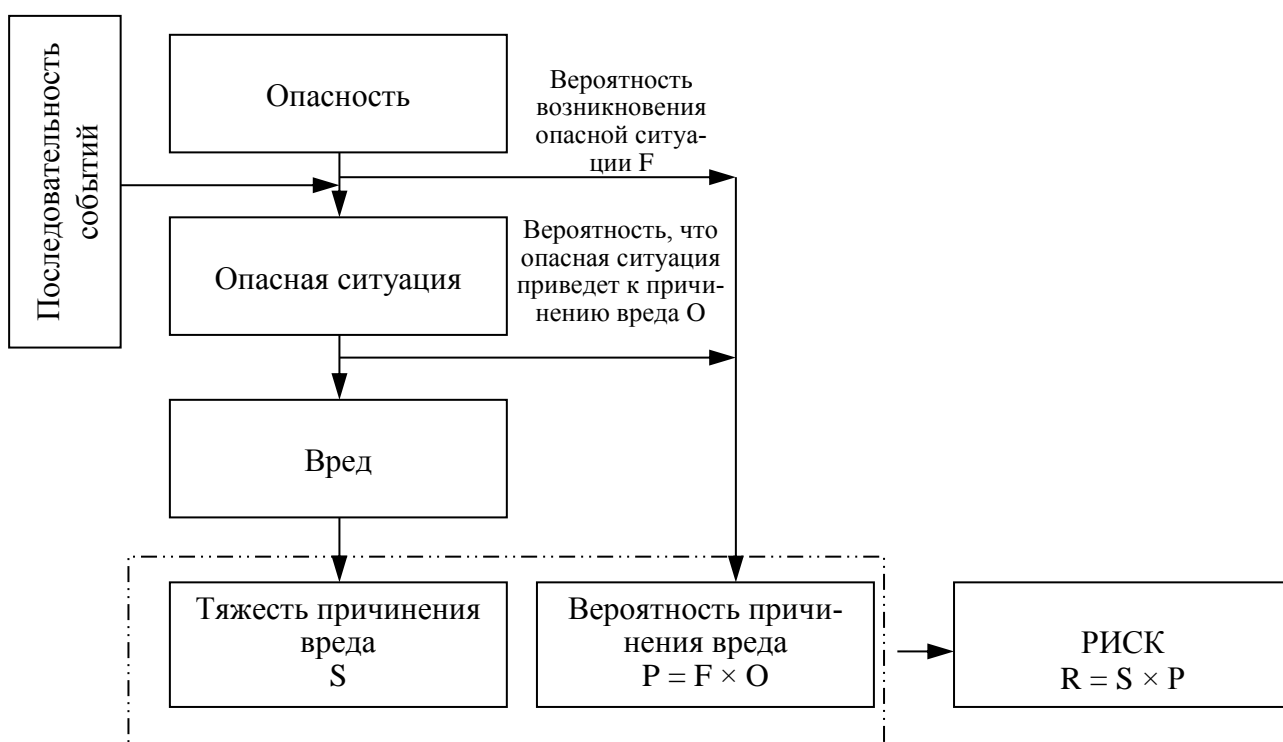


Рис.5.1 – Графическое представление соотношения между опасностью, последовательностью событий, опасной ситуацией и вредом

При идентификации опасностей используются сведения о пределах использования труб стальных бесшовных обсадных и НКТ и сведений, указанных в ГОСТ ISO 12100.

Опасность нанесения вреда при применении (использовании) труб стальных бесшовных обсадных и НКТ при критическом отказе может заключаться:

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

Граф рисков представляет собой дерево решений. Узлы графа соответствуют параметрам риска (тяжесть вреда, вероятность его нанесения и т.д.), а ветви – классам этих параметров (например, незначительный вред, тяжкий вред и т.д.).

Для каждой опасной ситуации определяются классы всех параметров. Затем, начиная от точки начала, прокладывается маршрут по графу рисков. В каждой следующей точке маршрута выбирается ветвь, соответствующая выбранному классу параметра. Последняя точка маршрута определяет уровень или количественное значение степени риска, со-

ответствующее данному сочетанию выбранных классов. Для его выражения могут использоваться баллы (например, от 1 до 6 или от А до D), либо в качественные определения («низкий», «средний», «высокий» и т.п.).

Результат идентификации опасностей, опасных ситуаций и событий, а также возможный вред изделия на этапе эксплуатации, проведенный в соответствии с разделом 7 ГОСТ Р 54124, представлен в таблицах 5.1-5.2.



Таблица 5.1 – Результаты оценки вероятности возникновения несовершенства, приводящего к возникновению опасной ситуации P<sub>1</sub>

№ опасности	Опасность (опасная ситуация)	Балл F	Основание для присваивания балла
1	2	3	4
1	Опасность разрушения тела трубы из-за несоответствия механических свойств металла трубы минимально допустимым	F1	Несоответствие предела прочности и (или) предела текучести металла трубы минимально допустимым возникает на этапе изготовления у 1 трубы из 10 000 шт.
2	Опасность разрушения тела трубы из-за несоответствия диаметра трубы максимально допустимому	F1	Несоответствие диаметра трубы максимально допустимому возникает при изготовлении из-за потери точности технологического оборудования у 1 трубы из 100 000 шт.
3	Опасность разрушения трубы из-за несоответствия толщины стенки трубы минимально допустимой	F1	Несоответствие толщины стенки трубы минимально допустимой возникает при изготовлении из-за потери точности технологического оборудования у 1 трубы из 10 000 шт.
4	Опасность разрушения тела трубы из-за уменьшения толщины стенки трубы за счет наличия дефектов типа трещина	F2	Дефекты типа трещина, уменьшающие толщину стенки меньше допустимого значения, возникают у 2 труб из 100 шт.
5	Опасность разрушения резьбового соединения из-за несоответствия параметров профиля резьбы условиям прочности	F2	Несоответствие хотя бы одного из параметров профиля резьбы условиям прочности возникает при изготовлении у 1 резьбового конца из 10 000 шт.
6	Опасность разрушения резьбового соединения из-за несоответствия механических свойств металла резьбовых концов минимально допустимым	F1	Несоответствие предела прочности металла резьбовых концов минимально допустимому возникает на этапе изготовления у 1 резьбового конца из 10 000 шт.
7	Опасность разрушения резьбового соединения из-за наличия повреждений, снижающих прочность резьбы	F2	Повреждение резьбы возникает у 3 резьбовых концов из 100 000 шт. при хранении и у 1 резьбового конца из 200 шт. при транспортировании Суммарное количество резьбовых концов с поврежденной резьбой составляет 1,006 из 200 шт.
8	Опасность разрушения тела трубы под действием наружного давления из-за уменьшения толщины стенки трубы и (или) муфты за счет наличия коррозии на поверхности тела трубы и (или) муфты	F1	Коррозия на поверхности тела трубы и (или) муфты, уменьшающая толщину стенки ниже минимально допустимого значения, может возникнуть у 1 трубы (сборки труба-муфта) из 100 000 из-за неправильного хранения
9	Опасность разрушения тела трубы под действием наружного давления из-за уменьшения толщины стенки трубы за счет наличия дефектов типа трещина	F1	Дефекты типа трещина, уменьшающие толщину стенки трубы ниже минимально допустимого значения, могут возникнуть у 1 трубы от 200 000 шт. при соударении тела трубы во время хранения и у 1 трубы от 200 000 шт. при транспортировании. Суммарное количество труб, имеющих дефекты типа трещина, 2 из 200 000 шт.
10	Опасность разрушения резьбового соединения из-за изменения параметров резьбы, влияющих на прочность, за счет наличия коррозии	F1	Коррозия на поверхности резьбы возникает у 1 резьбового конца из 100 000 шт.
11	Потеря герметичности соединения «труба-муфта» из-за нарушения технологии свинчивания на предприятии-изготовителе	F1	Нарушение технологии свинчивания, приводящее к потере герметичности соединения «труба-муфта», происходит у 1 резьбового соединения от 10 000 шт. на предприятии-изготовителе и у 1 резьбового соединения от 200 шт. месте эксплуатации.
12	Потеря герметичности соединения «труба-муфта» из-за нарушения технологии свинчивания на месте эксплуатации	F2	

Таблица 5.2 – Результаты анализа начального 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
Последовательность событий	Превышение допустимой нагрузки	Превышение допустимого давления	Превышение допустимого давления	Неправильное свинчивание резьбового соединения
	Несоответствие параметров изделия: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10	Несоответствие параметров изделия: 1, 2, 3, 4,	Несоответствие параметров изделия: 1, 2, 3, 8, 9	Несоответствие параметров резьбового соединения: 11, 12
Опасная ситуация	Разрушение резьбового соединения	Пластическое разрушение тела изделия	Смятие изделия	Утечка транспортируемой жидкости
Возможный вред	Работы по доставанию инструмента	Работы по замене изделия	Работы по замене изделия	Работы по замене изделия
Степень тяжести вреда	S2	S1	S1	S1
Вероятность возникновения опасной ситуации	F2	F2	F2	F2
Вероятность, что опасная ситуация приведет к причинению вреда	O2	O2	O2	O2
Индекс риска	4	1	1	1

Примечание: в строке «Последовательность событий» указаны номера опасностей из таблицы 5.1

Показатель степени риска вычислен при помощи графа (рис.2) в зависимости от четырех параметров, соответствующих четырем составляющим риска (п.8.2.1 ГОСТ 54124), принимающим следующие значения:

**- Степень тяжести вреда (S)**

- 1) S1 – стоимость простоя объекта, связанная с заменой изделия (незначительная)
- 2) S2 – стоимость простоя объекта, на время работ по доставанию инструмента из скважины, и стоимость работ по доставанию инструмента из скважины (значительная)

**- Вероятность, что опасная ситуация приведет к причинению вреда: O**

- 1) O1 – хорошо известная конструкция, неоднократное опробование в условиях эксплуатации, подтвержденная надежность.
- 2) O2 – новая конструкция, частичное опробование в условиях эксплуатации, имеется опыт эксплуатации аналогичных изделий;
- 3) O3 – новая конструкция, опыта эксплуатации нет.

**- Вероятность возникновения опасной ситуации: F**

- 1) F1 – превышение нагрузки над расчетными значениями реже 1 раза в год.
- 2) F2 – превышение нагрузки над расчетными значениями не реже 1 раза в год.

**- Возможность исключения или ограничения вреда: A**

- 1) A1 – возможно следующими способами:
  - меры по снижению риска, предпринимаемые конструктором изделия;
  - меры по снижению риска, предпринимаемые изготовителем изделия;
  - меры по снижению риска, предпринимаемые при транспортировании и хранении изделия;
  - меры по снижению риска, предпринимаемые эксплуатирующей организацией

2) A2 – невозможно

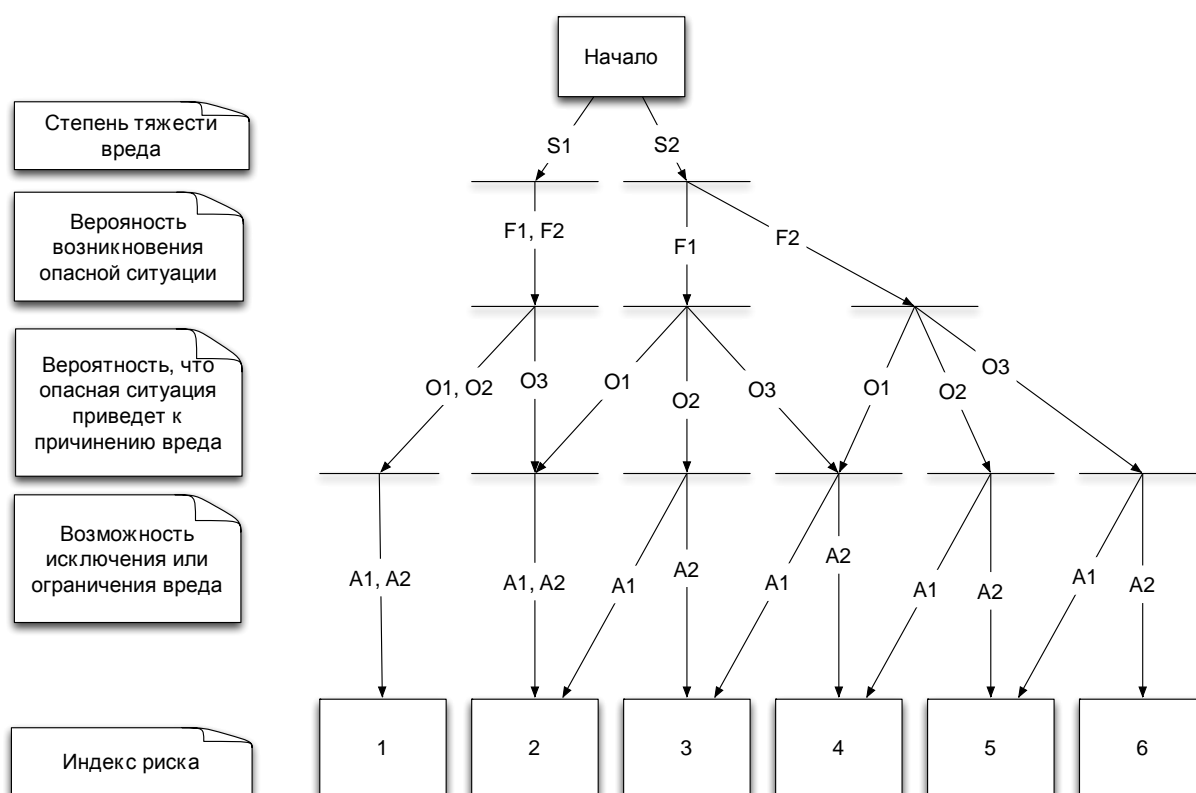


Рис.5.2 – Граф рисков для оценки риска

Каждой опасности соответствует определенный индекс риска. Оценка каждой из опасностей осуществляется по ГОСТ Р 54124 из следующих соображений :

- индекс риска 1 или 2 соответствует наименьшему приоритету действий (приоритет 3);
- индекс риска 3 или 4 соответствует среднему приоритету действий (приоритет 2);
- индекс риска 5 или 6 соответствует наивысшему приоритету действий (приоритет 1).

Результаты анализа и оценки возможных мер по снижению риска приведены в табл.5.3. Для анализа использовался тот же самый граф рисков, что и при начальной проверке. Опасности, получившие индекс риска 2 и 3, требуют информирования эксплуатирующей организации о мерах по дальнейшему снижению риска в Руководствах по эксплуатации.

Таблица 5.3 – 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 допускаемой 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
Возможность исключения вреда	A1	A1	A1	A1
Индекс риска	3	1	1	1

## **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, как минимум:

- удаление консервационной смазки,
- внешний (визуальный) контроль,
- гидравлическое испытание,
- контроль внутреннего диаметра,
- при отсутствии предохранительных деталей, потерянных при транспортировании, контроль калибрами.

Требования и рекомендации по вводу в эксплуатацию обсадных труб приведены в разделе 6 Руководства по эксплуатации «Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации»; НКТ – в разделе 5 Руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

Меры по обеспечению безопасности при контроле изделий зависят от используемых приборов и методов контроля и определяются организацией, проводящей 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

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

– Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (Приказ Ростехнадзора от 12.03.2013 №101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»);

– Положение по учету движения обсадных, бурильных труб и насосно-компрессорных труб на предприятиях Министерства нефтяной промышленности. Москва, 1987 г.

– 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 39-2-460-80 Типовая технологическая инструкция по подготовке к эксплуатации обсадных труб в цехах центральных трубных баз;

– Инструкция по расследованию аварий с бурильными, обсадными и насосно-компрессорными трубами и составлению документов для предъявления рекламаций.

– Методические указания по контролю технического состояния крепи скважин

– Руководство по эксплуатации «Трубы обсадные. Руководство по эксплуатации»;

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

7.2.2 Меры по обеспечению безопасности при контроле изделий 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 обсадных труб является разрушение обсадной колонны и(или) потери герметичности резьбового соединения. Следует избегать следующих событий, приводящих к причинению вреда (авариям):

- Несоответствие выбранных труб проектной глубине и давлению.

- Несоблюдение правил при погрузочно-разгрузочных операциях и транспортировании.

- Несоблюдение правил при спуске и подъеме труб.

- Применение некачественных муфт при их замене.

- Несоответствующее хранение.

- Приложение чрезмерного момента свинчивания.

- Чрезмерное растяжение колонны при её освобождении от прихватов.

- Бурение внутри обсадной колонны без протекторов.

Примечания:

1 Износ обсадной колонны особенно велик в скважинах, имеющих отклонение от вертикали.

2 Значительное и резкое изменение направления в отклоняющихся от вертикали стволах или иногда в прямых стволах, исправленных по вертикали, приводит к концентрированному изгибу труб, что в свою очередь вызывает чрезмерный внутренний износ, особенно в тех случаях, когда имеется резкое изменение траектории ствола скважины.

- Изгиб труб в размытой, незацементированной части ствола.

- Падение колонны вниз, даже на незначительное расстояние.
- Негерметичность соединений при наружном или внутреннем давлениях, которая может быть вызвана следующими причинами:
  - использованием резьбоуплотнительной смазки, не соответствующей ГОСТ Р ИСО 13678;
  - недокреплением труб при свинчивании;
  - загрязнением резьбовых соединений;
  - заеданием резьбы;
  - чрезмерным натяжением колонны;
  - падением колонны;
  - многократными операциями свинчивания и развинчивания;
  - приложением больших усилий к трубам при работе трубным ключом, особенно при развинчивании, которые вызывают изгиб, приводящий к деформации резьбы;
  - неправильным свинчиванием соединений изготовителем;
  - овальностью или отклонением формы профиля труб;
  - нарушением порядка спуска труб, создавшим напряжения в резьбовых соединениях выше предела текучести металла.

Опасностью при эксплуатации насосно-компрессорных труб 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, промер длины изделий;
- мойка внутренней и наружной поверхности;
- отворот муфт;
- контроль сплошности тела изделий на отсутствие дефектов методами неразрушающего контроля;
- определение толщины стенки;
- контроль резьбы;
- наворот новых муфт;
- гидроиспытание;
- документальное оформление результатов проверки.

### 7.4 Пределы и условия безопасной эксплуатации

Условия хранения по группе 4 (Ж2) по ГОСТ 15150 (навесы или помещения где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, расположенные в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в условно-чистой атмосфере).

Отсутствие коррозионно-активных компонентов в добываемой продукции (газ, газовый конденсат, нефть).

Допускаемые значения величин расчетных эксплуатационных нагрузок, превышение которых может привести к аварийным ситуациям, приведены в разделе 3.3.1 настоящего документа.

Расчетные моменты свинчивания для НКТ приведены в таблице А.11 Приложения А Руководства по эксплуатации «Трубы насосно-компрессорные. Руководство по эксплуатации».

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

8.1 В табл.8.1и 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					
	K&O	П&P	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			
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.

#### 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 про-

цессе 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;

- анализ дерева неисправностей (FTA), который является нисходящим методом анализа надежности продукции, включает идентификацию и анализ состояний и параметров, которые вызывают или способствуют появлению нежелательных событий и влияют на функционирование, безопасность, экономичность или другие установленные характеристики продукции. Рекомендации по применению метода FTA приведены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010;

- 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 51901.15;

- 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 чувстви-

тельности 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.

#### 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 установле-



ны 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).

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 регулирующими 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 с резьбовых соединений).

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.

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 руководствах по эксплуатации.

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 печатаются 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 печатаются 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.