

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Главный инженер

ПАО «СинТЗ»

Гагаринов В.А.

2016 г.

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БУРИЛЬНЫЕ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
СТО ОБ 00186631-004-2016**

**СОГЛАСОВАНО**

и.о. Главный технолог-  
начальник технического отдела  
ПАО «СинТЗ»

Тихонцева Н.Т.

«    »    2016 г.

**РАЗРАБОТАЛ**

Директор  
ООО «Квалитет-Эксперт»

В.В.Толмачев

2016 г.



## Введение

Настоящее Обоснование безопасности распространяется на трубы бурильные с приваренными замками, изготавливаемые Публичным акционерным обществом «Синарский трубный завод» (ПАО «СинТЗ»).

Оригинал данного документа хранится у разработчика и изготовителя бурильных труб – ПАО «СинТЗ». Копия Обоснования безопасности в бумажном и (или) электронном виде должна храниться у организации, эксплуатирующей бурильные трубы.

Дополнительно к настоящему Обоснованию безопасности следует пользоваться:

- ГОСТ 32696-2014;
- ТУ 1324-138-00147016-02;
- ТУ 14-3Р-141-2015;
- ТУ 14-161-137-94;
- ТУ 14-161-217-2003;
- ТУ 14-161-219-2004;
- ТУ 14-161-235-2009;
- ANSI/API SPEC 5DP
- руководством по эксплуатации.

## 1 Основные параметры и характеристики бурильных труб.

### 1.1 Номенклатура бурильных труб.

ПАО «СинТЗ» выпускает бурильные трубы следующей номенклатуры:

#### 1.1.1 ТРУБЫ БУРИЛЬНЫЕ С ПРИВАРЕННЫМИ ЗАМКАМИ БК-73 по ТУ 14-ЗР-141-2015 ЗП-92:

- наружный диаметр 73,0 мм;
- толщина стенки тела трубы 9,19 мм;
- тип высадки – комбинированная;
- группы длин 1/2/3/4;
- группы прочности Д, Е;
- замок ЗП-92-34;
- с правой/левой резьбой;
- вид заплечика под элеватор - прямоугольный/конический.

#### 1.1.2 Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности по ГОСТ 32696-2014:

- уровень требований к продукции - PSL-1, 2, 3;
- наружный диаметр тела труб - от 60,32 до 127,00 мм;
- толщина стенки тела труб- от 6,45 до 12,70 мм;
- группы прочности - D, E, X, G, S;
- вид высадки-внутренняя IU/наружная EU/комбинированная IEU;
- тип резьбового упорного соединения – согласно таблицы А.1 ГОСТ 32696-2014;
- группы длин- 1/2/3;
- направление резьбы резьбового упорного соединения - правое/левое;
- вид заплечика под элеватор - прямоугольный/конический.

#### 1.1.3 Трубы бурильные технологические по ТУ 1324-138-00147016-02:

- условный диаметр от 60 до 102 мм;
- толщина стенки от 5,0 до 6,5 мм;
- группы прочности Д, Е, Л;
- тип высадки – комбинированная;
- типы замков – З-86-48, З-95-58, З-98-59, З-98-57, З-105-57, З-121-73, З-133-86, ЗР-86-48, ЗР-98-59, ЗР-98-57, ЗР-105-57, ЗР-121-73, ЗР-133-86;
- тип исполнения замков - нормального/повышенной ремонтпригодности;
- с правой/левой замковой резьбой.

#### 1.1.4 Трубы бурильные диаметром 60-89 мм с приваренными замками по ТУ 14-161-137-94:

- условный диаметр труб от 60 до 89 мм;
- толщина стенки труб от 6,5 до 9,19 мм;
- 2/3/4 групп длин;
- групп прочности Д, Е, Л, М;
- с правой/левой замковой резьбой;
- вид заплечика под элеватор - прямоугольный/конический;
- тип высадки – с наружной/внутренней/комбинированной высадкой

#### 1.1.5 Равнопроходные облегченные бурильные трубы малого диаметра по ТУ 14-161-217-2003:

- тип высадки - наружная, условный диаметр 73 мм;
- толщина стенки 5,5 мм;
- группы прочности Д, Е, Л;
- вид заплечика под элеватор - конический / прямоугольный;

- замковая резьба правая / левая.

1.1.6 Трубы бурильные с приваренными замками (высокомоментные) по ТУ 14-161-219-2004:

- условный диаметр от 50 до 127 мм;
- толщина стенки от 5,5 до 15,0 мм;
- типы высаженных концов: внутренняя/комбинированная/наружная;
- вид заплечика под элеватор - прямоугольный / конический;
- резьба: правая / левая;
- группы длин: 1 (от 8,0 до 8,6 м) / 2 (от 9,0 до 9,45 м) / 3 (от 11,9 до 12,5 м);
- группы прочности: Д, Е, Л, М, Н, Р.

1.1.7 Трубы бурильные с приваренными замками «ТМК UP TDS» по ТУ 14-161-235-2009:

- тип высадки - наружная ПН, EU / внутренняя ПВ, IU / комбинированная ПК, IEU;
- наружный диаметр - от 60,3 до 127,0 мм;
- толщина стенки - от 7,1 до 12,7 мм;
- группы длин - 1 / 2 / 3 / 4;
- замковая резьба - правая / левая;
- резьба по ГОСТ 28487, API Spec 7-2 (A);
- вид заплечика под элеватор - конический / прямоугольный;
- длина замка - обычная / увеличенная (МС);
- хвостовики - обычного диаметра (тип 1)/увеличенного наружного диаметра (тип 2);
- группы прочности - Д, Е, Л М, Р по ГОСТ Р 50278 / Е, X G, S по API Spec 5DP/ISO

11961.

1.1.8 Трубы стальные бурильные по ANSI/API SPEC 5DP/ISO 11961:

- уровень требований PSL-1 / PSL-2 / PSL-3;
- наружный диаметр от 60,3 мм до 101,6 мм;
- толщина стенки от 7,11 до 11,40 мм;
- типы высадки - внутренняя IU / наружная EU;
- типы соединений – согласно таблицы А.1 ANSI/API SPEC 5DP/ISO 11961;
- группы длин: 1, 2, 3;
- группы прочности: Е, X; G, S.

1.2 Идентификация:

1.2.1. Для труб по ТУ 14-3Р-141-2015 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки в соответствии с пунктами 1.22.2 и 1.22.3 ТУ 14-3Р-141-2015.

1.2.2 Для труб по ГОСТ 32696-2014 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно разделов 6.15 и 7.20 ГОСТ 32696-2014.

1.2.3 Для труб по ТУ 1324-138-00147016-02 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно раздела 1.4 ТУ 1324-138-00147016-02.

1.2.4 Для труб по ТУ 14-161-137-94 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно пунктов 5.1.1 и 5.1.2 ТУ 14-161-137-94.

1.2.5 Для труб по ТУ 14-161-217-2003 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно пунктов 5.1.1 и 5.1.2 ТУ 14-161-217-2003.

1.2.6 Для труб по ТУ 14-161-219-2004 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно раздела 1.2 ТУ 14-161-219-2004.

1.2.7 Для труб по ТУ 14-161-235-2009 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно раздела 1.3 ТУ 14-161-235-2009.

1.2.8 Для труб по ANSI/API SPEC 5DP/ISO 11961 идентификацию труб проводят по соответствию нанесенной маркировки согласно разделов 6.15, 7.20 и 8.13 ANSI/API SPEC 5DP.

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

1.3 Бурильные трубы спроектированы с учетом требований потребителей и 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 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 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;

ISO TR 10400:2007 Petroleum and natural gas industries – Equitation and calculation for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing (ИСО ТР 10400 Нефтяная и газовая промышленность. Формулы и расчёты свойств обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и труб для трубопроводов, применяемых в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб)

IEC 60300-3-3 (2004-07) Dependability management-Part3: Application guide-Section 3: Life cycle costing (МЭК 60300-3-3 Управление общей надежностью. Часть 3-3. Руководство по применению. Оценка стоимости цикла долговечности)

IEC 60300-3-2 (2004-11) Ed.2.0 Dependability management – Part 3-2: Application guide – Collection of dependability data from the field (Менеджмент надежности – Часть 3-2: Руководство по применению – Сбор данных о надежности с мест эксплуатации)

IEC 60300-3-7 (1999) Dependability management - Part 3-7: Application guide - Reliability stress screening of electronic hardware (МЭК 60300-3-7 Управление общей надежностью. Часть 3-7. Руководство по применению. Отбраковка аппаратных средств по критерию надежности в условиях приложенных нагрузок)

IEC 61163-1(2006) МЭК 61163-1 Надежность работы под нагрузкой. Часть 1. Ремонтно-пригодные изделия, изготавливаемые партиями

IEC 61163-2 (1998-11) Ed.1.0 Reliability stress screening – Part 2: Electronic components (Стрессовая отбраковка для выявления потенциальных отказов – Часть 2: Электронные компоненты)

## 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 должны быть 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 буровых 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 для бурильных труб составляет 365 суток с момента ввода в эксплуатацию при условиях:

- 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";
- Выполнения требований Руководства по эксплуатации.

#### 3.2 Контроль технического состояния.

3.2.1. Оперативный контроль технического состояния в процессе эксплуатации на буровой (скважине).

В сроки, установленные графиками профилактических работ на буровой, необходимо проводить дефектоскопию и опрессовку труб, определять износ замковой резьбы путем замера расстояния между опорными торцами ниппеля и муфты в момент начала свинчивания, замерять диаметр наружной поверхности замков и труб, выявлять смятие труб в месте посадки на клиновой захват.

3.2.2 Оценка технического состояния труб в стационарных условиях (трубных цехах, площадках).

Оценку технического состояния труб осуществляют с применением визуального, измерительного, ультразвукового, магнитного, люминесцентного и других методов в зависимости от цели и объекта контроля.

Объем контроля, периодичность, перечень контролируемых параметров определяют технические службы предприятия в зависимости от его цели.

#### 3.2.3 Критерии предельных состояний.

3.2.3.1 Замковые резьбы бракуют в случае повреждения одного и более витков, а также при выявлении вырывов и выкрашиваний, которые могут привести к заеданию резьбы. Замки бракуют, если вырывы и выкрашивания металла упорных уступов ниппелей и упорных торцов муфт составляют более 1/3 ширины уступа или торца, а протяженность более 1/8 длины окружности.

3.2.3.2 Абразивному износу от трения бурильной колонны о горную породу подвергаются замки, а также тело бурильных труб. Состояние труб по абразивному износу оценивают по трем классам.

Технические характеристики труб различных классов определяют по аналогии с техническими характеристиками новых труб (1 класса) с учетом регламентированных толщин стенок – для 2 класса – 80%, для 3 класса – 62,5% от их номинальных значений.

Списание труб производят при наличии физического или усталостного износа, различных дефектов, если они превышают значения, допустимые для 3 класса.

#### 3.3 Конструктивные способы повышения надежности.

Расчет бурильных колонн на прочность следует проводить в зависимости от типа, глубины, способа бурения или капитального ремонта скважин и состояния ствола скважины на все ожидаемые виды деформаций в соответствии с инструкциями по расчету бурильных колонн и требованиями, установленными Ростехнадзором РФ.

#### 3.3.1 Резервирование.

Коэффициенты запаса прочности бурильной колонны при воздействии на нее статической осевой растягивающей нагрузки, крутящего момента, а также изгибающей нагрузки должны быть для роторного бурения не менее 1,5, для турбинного бурения – 1,4;

Коэффициент запаса прочности бурильной колонны (по пределу текучести) при применении клинового захвата и при воздействии на трубу избыточного наружного и внутреннего давления должен быть не менее 1,15.

### 3.3.2 Организация системы мониторинга.

При эксплуатации труб необходимо определять следующие нагрузки действующие на трубу с ошибкой не выше 5%:

- момент свинчивания резьбового соединения;
- осевую силу;
- крутящий момент;
- кривизну труб (искривление скважины);
- давления среды (внутреннее, наружное);
- число оборотов (циклов), затяжек, посадок, заклинок, СПО и других переменных

нагрузок, а также:

- температуру среды;
- удельный вес среды;
- коррозионно-активные компоненты среды.

Указанные нагрузки не должны превышать (с учетом сложнапряженного состояния) предельных нагрузок (Приложение А Руководства по эксплуатации) с учетом коэффициента запаса прочности.

Для оценки напряженного состояния стальных бурильных труб под действием нагрузок изгиба, кручения и растяжения, область применения их определяется по диаграммам представленным в Приложении к Руководству по эксплуатации.

### 3.3.3 Обеспечение сохраняемости.

3.3.3.1 Для обеспечения сохраняемости труб 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 и резьбовых соединений.

3.3.3.2 Комплекс мер по упаковыванию для обеспечения сохраняемости бурильных труб приведен в разделе 3.2 Руководства по эксплуатации.

3.3.3.3 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости бурильных труб при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах приведен в разделе 4.1 Руководства по эксплуатации.

3.3.3.4 Комплекс мер для обеспечения сохраняемости бурильных труб при хранении приведен в разделе 4.2 Руководства 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 бурительных 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 54124-2010.

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).

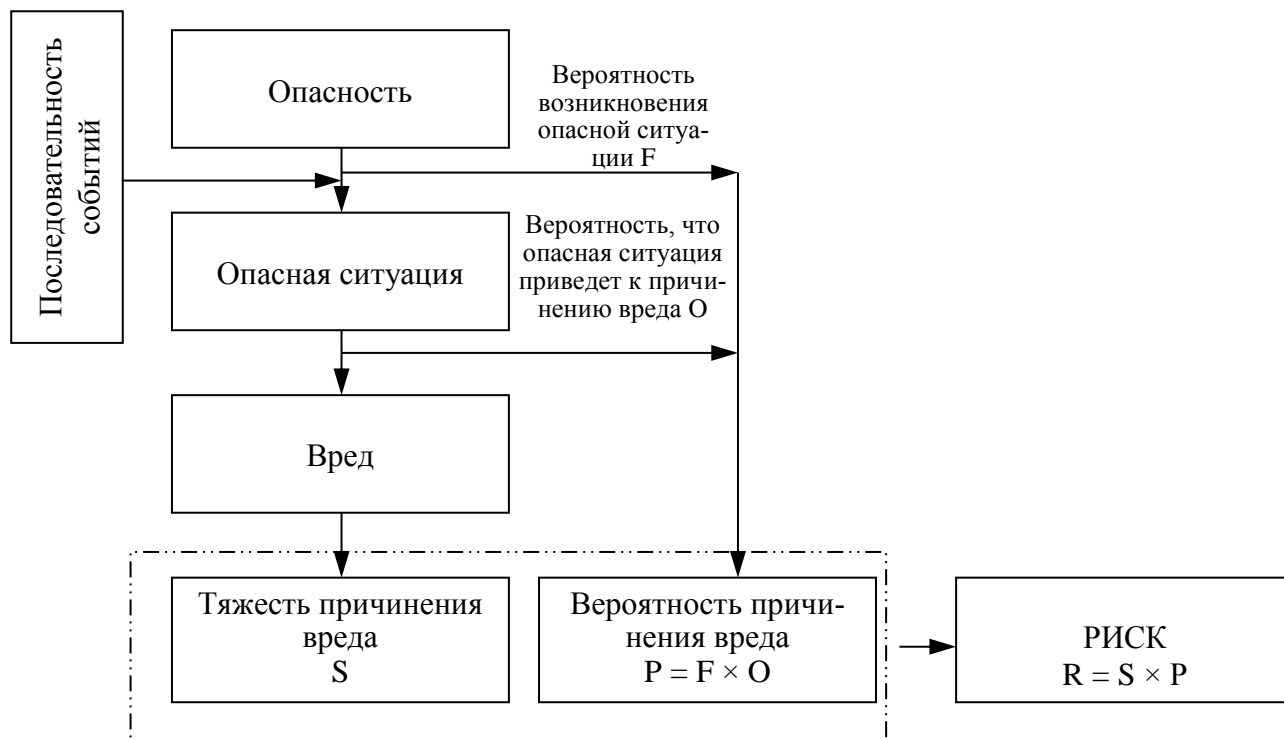


Рис.5.1 – Графическое представление соотношения между опасностью, последовательностью событий, опасной ситуацией и вредом

При идентификации опасностей используются сведения о пределах использования труб стальных бурильных и сведений, указанных в ГОСТ Р 12100-1-2007 и ГОСТ Р 12100-2-2007.

Опасность нанесения вреда при применении (использовании) труб стальных бурильных 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 табл.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	Недостаточная прочность тела изделия при кручении
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			

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

Подготовка труб к эксплуатации включает следующие операции:

- комплектование, т.е. сборку новых труб в комплекты;
- маркировку труб комплекта клеймением;
- составление необходимой документации на комплект труб (акт, паспорт-журнал).

Меры по обеспечению безопасности при подготовке изделий зависят от используемого оборудования и методов клеймения и определяются организацией, проводящей клеймение.

## 7 Требования к управлению безопасностью при эксплуатации

### 7.1 Эксплуатирующий персонал.

Требования к эксплуатирующему персоналу – согласно разделу 4 настоящего СТО ОБ.

Требования к организации труда, подготовке и аттестации работников – согласно раздела IX Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности".

### 7.2 Инструкции.

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.;

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

- РД 39-013-90 Инструкция по эксплуатации бурильных труб. Куйбышев 1990 г.;

- Инструкция по расчету бурильных колонн. М., 1997 г.;

- «Трубы бурильные. Руководство по эксплуатации».

7.3 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.

7.4 Для сокращения аварийных ситуаций при введении буровых работ следует:

- хорошо знать горно-геологические условия строительства скважины, интервалы возможных осложнений;

- строго соблюдать требования рабочего проекта, действующих технологических регламентов, Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности, режимно-технологического задания, планов работ и иметь их на буровой;

- периодически выполнять поверочные расчеты бурильной колонны по фактическим параметрам скважины и вносить необходимые коррективы;

- постоянно следить за качеством промывочной жидкости, состоянием ствола скважины, бурильной колонны, исправностью оборудования и инструмента;

- знать и соблюдать правила эксплуатации оборудования и труб;

- осуществлять контроль действующих нагрузок, особенно крутящего момента;

- свинчивать соединение ключами, оснащенными моментомерами;

- выполнять в полном объеме и в срок мероприятия в профилактической карте по безаварийному ведению работ на буровой;

- обеспечить выполнение требований раздела 4 «Рекомендации по рациональной эксплуатации труб» Руководства по эксплуатации.

### 7.5 Пределы и условия безопасной эксплуатации

Для бурильных труб условия хранения по группе 7 (Ж1) по ГОСТ 15150-69 (открытые площадки в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в условно-чистой атмосфере). Срок хранения без переконсервации (при нанесении заводом-изготовителем) – 6 месяцев.

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

При формировании компоновок бурильных колонн для строительства, капитального ремонта и реконструкции скважин в условиях возможного воздействия на них сероводорода (H<sub>2</sub>S) следует учитывать следующие обстоятельства:

- в случае воздействия на трубные колонны и их элементы сероводорода в сочетании с рядом других неблагоприятных факторов (низкое значение pH пластовых вод, наличие в добываемом флюиде воды, сложные нагрузочные ситуации и т.д.) возникает вероятность проявления сероводородной коррозии и, в частности, наиболее опасной ее разновидности – сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением (СКРН) – хрупкого разрушения растрескиванием под воздействием (в присутствии сероводорода и воды) растягивающих напряжений, величина которых обычно ниже предела текучести стали ( $\sigma_t$ ), но выше порогового напряжения СКРН ( $\sigma_{th}$ );

- при прочих равных условиях продолжительность времени до СКРН возрастает с уменьшением растягивающих напряжений, а при их величине ниже порогового значения ( $\sigma_{th}$ ) СКРН вообще не происходит;

- при неправильном выборе материального и конструктивного исполнения труб их неквалифицированная эксплуатация в сероводородсодержащих средах может не позволить реализовать потенциальные возможности продукции.

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

8.1 В табл.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 51901.3-2007. 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			
Задача 16. Анализ проекта и оценка продукции		XXX	XXX			

Элементы и задачи надежности и безопасности	Стадии жизненного цикла изделий					
	К&О	П&Р	ПРЗ	ИНС	ЭКС	УТЛ
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 про-

екта, 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 51901.3-2007. 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 заплани-

рованного 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 51901.12-2007;

- 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.

ние, безопасность, экономичность или другие установленные характеристики продукции. Рекомендации по применению метода FTA приведены в ГОСТ Р 51901.13-2005;

- 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 51901.15-2005;

- анализ риска для определения количественных характеристик риска и вероятности появления неблагоприятных событий. Рекомендации по применению анализа риска приведены в ГОСТ Р 51901.1-2002.

#### 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 МЭК 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 51901.16-2005.

#### 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 МЭК 60300-3-7, МЭК 61163-1 и МЭК 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. МЭК 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 защите 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 с резьбовых поверхностей замковых 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. 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 информации по случаям причинения вреда жизни и здоровью, 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.

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.