МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____/ А.И. Сидоров /
«08» 06 2016 г.

Обеспечение безаварийной и безопасной эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов, отработавших ресурс

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–280700.2016.123.ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
_____/ А.В. Хашковский /
«6» 06 2016 г.

Автор работы
студент группы МТ-478
_____/ Н.О. Дубовенко /
«6» 06 2016 г.

Нормоконтролер, доцент
_____/А.В. Кудряшов/
«03» июня 2016 г.

Челябинск 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-уральский государственный университет»
(национальный иследовательский университет)
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»
Специальность «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Сидоров А.И.
«08» 06 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Дубовенко Николая Олеговича
Группа МТ– 478

1. Тема работы Обеспечение безаварийной и безопасной эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов, отработавших ресурс
утверждена приказом по университету от _____2016г. №

2. Срок сдачи студентом законченной работы 30.05.2016 года

3. Исходные данные к работе
Материалы преддипломной практики, Нормативно-законодательная и техническая литература , Журнал "Безопасность труда в промышленности" за 2015-2016 г.г., интернет-ресурсы

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)
ВВЕДЕНИЕ
1 Современная классификация опасных производственных объектов и безопасность эксплуатации оборудования ОПО. Выводы по главе 1
2 Методы прогнозирования остаточного ресурса оборудования ОПО. Выводы по главе 2
3 Назначение и устройство сушилки типа БН-3,2-22. Выводы по главе 3.
4 Определение остаточного ресурса сушилки типа БН-3,2-22. Выводы по главе 4
Заключение
Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1 или презентаций)
1. Современная классификация опасных производственных объектов и безопасность эксплуатации оборудования ОПО (3 презентации).
2. Методы прогнозирования остаточного ресурса оборудования ОПО (6 презентации).
3. Назначение и устройство сушилки типа БН-3,2- 22. (5 презентации)

4. Определение остаточного ресурса сушилки типа БН-3,2-22 (5 презентаций).

6 Дата выдачи задания 14.03.2016 год

Руководитель _____ / А.В. Хашковский /
(подпись)

Задание принял к исполнению _____ /Н. О. Дубовенко/
(подпись студента)

Календарный план

Наименование этапов выпускной квалификационной работы (проекта)	Сроки выполнения этапов работы (проекта)	Отметка о выполнении руководителя
Введение	к 25 мая 2016 г.	
Глава 1	к 13 марта 2016 г.	
Глава 2	к 29 апреля 2016 г.	
Глава 3	к 4 мая 2016 г.	
Глава 4	к 15 мая 2016 г.	
Заключение	21.05.2016-22.05.2016	
Графический материал	26.04.2016-20.05.2016	
Нормоконтроль	20.05.2016	
Утверждение ВКР	23.05.2016	
Защита	10.06.2016	

Заведующий кафедрой _____ / А.И. Сидоров /

Руководитель работы (проекта) _____ /А.В. Хашковский/

Студент _____ / Н.О. Дубовенко /

АННОТАЦИЯ

Дубовенко Н.О. Обеспечение безаварийной и безопасной эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов, отработавших ресурс – Челябинск: ЮУрГУ, МТ; 2016, 60 с., ил. 8, табл. 1, библиогр. список – 14 наим.

В выпускной квалификационной работе исследуется, рассматривается, анализируется вопрос обеспечения безаварийной и безопасной эксплуатации технических устройств опасных производственных объектов, отработавших ресурс. Рассмотрена классификация опасных производственных объектов, перечень групп технических устройств, используемых на опасных производственных объектах, описаны методы определения остаточного ресурса оборудования, назначение, принцип работы и устройство барабанной сушилки БН-3,2-22, для которой был произведен расчет остаточного ресурса.

Ключевые слова: остаточный ресурс, опасный производственный объект, барабанная сушилка.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ОПО 7
1.1 Опасные производственные объекты (ОПО), их признаки и классификация 10
1.2 Технические устройства в составе ОПО 17
2 МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ ОПО 21
2.1 Методы прогнозирования остаточного ресурса оборудования ОПО 25
2.2. Прогнозирование ресурса аппаратов при циклических нагрузках 27
2.3. Прогнозирование ресурса сосуда, работающего в условиях ползучести материала 30
2.4. Прогнозирование ресурса сосудов по критерию хрупкого разрушения 33
3 НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО СУШИЛКИ ТИПА БН-3,2-22 39
4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СУШИЛКИ БН-3,2-22 ПО ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ 49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 58

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований методов продления остаточного ресурса оборудования обусловлена прежде всего неуклонным возрастанием доли оборудования, отработавшего назначенный срок службы.

Задача оценки остаточного ресурса эксплуатируемого объекта относится к классу задач индивидуального прогнозирования и включает решение таких задач, как оценка текущего состояния, прогнозирование этого состояния в будущем, оценка вероятностей наступления отказов, оценка риска аварийных ситуаций. На основе этого прогноза устанавливается предельно-допустимый срок эксплуатации оборудования или назначается срок очередного контроля состояния исследуемого объекта.

Существующая система обеспечения промышленной безопасности, отраженная в нормативных документах, опирается на плановую замену оборудования по окончании срока эксплуатации, регламентированного на этапе проектирования. Однако последние 20 лет на территории РФ система плановой замены оборудования функционировала не в полном объеме, и в настоящее время отсутствует возможность единовременно провести замену всех требующих этого опасных промышленных объектов. В сложившейся ситуации необходимо решать задачу возможности продления срока эксплуатации объектов, которые отработали назначенный ресурс.

Достоверность оценки срока безопасной эксплуатации (остаточного ресурса) объектов является важнейшим условием снижения риска техногенных катастроф. Максимально возможную достоверность обеспечивает комплексное обследование фактического состояния объекта при максимальном использовании современных средств неразрушающего контроля и методик расчета.

Это в полной мере относится к различным ОПО, например, системе магистральных трубопроводов. Учитывая текущее состоянии газопроводных систем – повышение давления и объемов перекачки, производственные дефекты

(в основном, в монтажных сварных швах) и эксплуатационные дефекты (в основном – коррозионные повреждения) существующие методы определения их остаточного ресурса на основе расчета на статическую прочность нельзя считать достаточными. Поскольку многие из магистральных трубопроводных систем отработали свой назначенный ресурс, требуются либо провести их демонтаж, либо определить длительность и условия возможной безопасной эксплуатации.

Расположение дефектов в сварных швах и зоне термического влияния (обладающих неоднородной структурой и полями остаточных сварочных напряжений) усложняет задачу расчета ресурса магистральных трубопроводов.

Таким образом, достоверное определение остаточного ресурса производственных объектов на настоящий момент времени является актуальной задачей.

В настоящее время большая часть технический устройств (далее – ТУ) отработала нормативный ресурс. Дальнейшая эксплуатация такого оборудования возможна только с разрешения органов Ростехнадзора на основании заключений экспертиз промышленной безопасности, выполненных экспертной организацией.

В качестве базовой концепции оценки технического состояния ТУ опасных производств используется подход, согласно которому оценка технического состояния ТУ осуществляется по параметрам технического состояния (ПТС). В качестве определяющих ПТС принимают параметры, изменение которых может привести объект в неработоспособное или предельное состояние, то есть к его разрушению или созданию аварийной ситуации.

Одним из важных ПТС является состояние металла ТУ – его механические характеристики, которые под действием технологических (изготовление, транспортировка, монтаж) и эксплуатационных (условия эксплуатации – температура, давление, среда, цикличность) факторов могли измениться относительно своего исходного состояния.

Нормативные документы по экспертному диагностированию технического состояния и определению остаточного срока безопасной

эксплуатации оборудования предписывают при экспертизе, в зависимости от условий эксплуатации.

1 СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ОПО

В последние десятилетия техногенные катастрофы и аварии в нашей стране и за рубежом, повлекшие большие человеческие жертвы, заставили резко изменить отношение общества к проблеме безопасности населения и окружающей среды. Основные причины роста числа аварий и катастроф – это критический уровень износа оборудования, нарушение производственной и технологической дисциплины, ослабление контроля государственных органов.

Условиями безопасной работы технических объектов являются грамотная эксплуатация, диагностика и своевременный ремонт оборудования. Рассматриваются основы безопасной эксплуатации технологического оборудования, технические устройства для предотвращения опасного воздействия на человека и технические объекты, методы неразрушающего контроля и диагностики оборудования.

Предприятия независимо от их организационно-правовых форм собственности, эксплуатирующие опасные производственные объекты, в своей деятельности должны руководствоваться Федеральными законами и нормативными положениями, которые направлены на предупреждение аварий и локализацию их последствий при создании и эксплуатации опасных производственных объектов.

Классификация опасных производственных объектов унифицирована с законодательством Евросоюза, регламентирующим эту сферу. Также важно, что Федеральным законом «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», отдельные законодательные акты РФ и о признании утратившим силу подпункта 114 п. 1 ст. 333.33 части второй Налогового кодекса РФ» закрепляет новые понятия. В частности, понятия обоснования безопасности опасного производственного

объекта, системы управления промышленной безопасностью, технического перевооружения опасного производственного объекта.

В целом документом вводится градация опасных производственных объектов по четырем классам опасности. Эта классификация определяется уровнем потенциальных рисков возникновения аварий на ОПО, которые могут повлиять на жизненно важные интересы личности и общества. Так, внедрена следующая классификация:

- I класс – объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II класс — объекты высокой опасности;
- III класс — объекты средней опасности;
- IV класс — объекты низкой опасности.

Плановые проверки юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, эксплуатирующих опасные производственные объекты, будут осуществляться со следующей периодичностью:

– в отношении опасных производственных объектов I или II класса опасности – не чаще чем один раз в течение одного года;

– в отношении опасных производственных объектов III класса опасности – не чаще чем один раз в течение трех лет.

В отношении опасных производственных объектов IV класса опасности плановые проверки проводиться не будут.

Присвоение класса опасности опасному производственному объекту будет осуществляться при его регистрации в государственном реестре. Обоснование безопасности опасного производственного объекта, а также изменения, вносимые в него, должны проходить экспертизу промышленной безопасности. Применение обоснования безопасности опасного производственного объекта без положительных заключений экспертизы промышленной безопасности не допускается.

Законопроектом предусмотрено внесение изменений в соответствующие законодательные регламенты. В частности, планируется профильная

корректировка части второй Налогового кодекса РФ, Федерального закона «О лицензировании отдельных видов деятельности», Федерального закона «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте», Градостроительного кодекса РФ.

В документе также содержатся регламентированные правила для системы по управлению промышленной безопасностью объектами I класса. Более того, включены правила по оценке соответствий технических устройств на таких объектах. Список случаев, имеющих предписание для обязательной экспертизы, создан с целью предотвратить коррупционные риски.

Базовый закон о промышленной безопасности был принят еще в 1997 году. И, к примеру, как отмечает заместитель председателя профильного комитета Госдумы РФ по промышленности Владимир Гутенев, с тех пор в документ вносились различные изменения, связанные с развитием законодательства о градостроительной деятельности, техническом регулировании, государственном надзоре, лицензировании. Однако самостоятельный комплекс взаимосвязанных изменений рассматривается впервые.

Таким образом, дифференциация требований промышленной безопасности в зависимости от класса опасности объектов — давно назревшее решение, позволяющее исключить избыточное административное давление и одновременно повысить уровень защищенности от крупных промышленных аварий.

Вопросы обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов (далее – ОПО), учитывая значительное количество происходящих аварий, инцидентов и их негативные последствия, остаются крайне актуальными, в связи с чем законодательство в этом направлении постоянно совершенствуется.

Наиболее существенные и значимые изменения в Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» внесены Федеральным законом от 04.03.2013 № 22-ФЗ, нормы которого направлены на обеспечение защиты интересов граждан, общества и государства от аварий на ОПО и их последствий.

1.1 Опасные производственные объекты (ОПО), их признаки и классификация

В мировой практике при отнесении объекта к опасным объектам применяются различные подходы. В качестве критериев отнесения объектов к категории опасных применяют:

- наличие на объекте опасных веществ;
- вид деятельности;
- вид возможной опасности.

В большинстве стран (США, ФРГ, Голландия, Норвегия, Великобритания, Франция) классификация промышленных объектов по опасности ведется по наличию опасных веществ на объекте. Такой же подход предлагается в Директиве Севезо и Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий.

Законодательством Бельгии ОПО классифицируются по видам опасной деятельности: шахты и каменоломни, паровые машины, предприятия по производству взрывчатых веществ и др.

В Греции используется иной классификационный признак – по видам опасности (возможность взрыва, пожара и т.п.), вредные для здоровья (дым, газы и т.п.), дискомфортные (шум, запах и т.п.).

В России при определении ОПО применяется комбинированный подход. ОПО в России являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в приложении 1 к ФЗ № 116. Исходя из определения, следует отметить, что ОПО может быть не только

предприятие в целом, но и его цех, участок, площадка, то есть часть предприятия.

В ФЗ № 116 не установлены минимальные количества опасных веществ, конкретные марки технических устройств, наличие которых на объекте позволяет относить его к категории ОПО.

ОПО подлежат обязательной идентификации и регистрации в государственном реестре, который ведет ФСЭТАН, а категория ОПО при выполнении данной операции трансформируется в понятие «признак опасности».

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых: 1) получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества следующих видов [1]:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;
- средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм;
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности: – средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 миллиграммов на литр;

- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр;

- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр;

2) используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля:

а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);

б) воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия;

в) иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры;

4) получаются, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более;

5) ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых;

6) осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию.

В приложении 2 к Федеральному закону [2] приводится следующая классификация опасных производственных объектов:

1) Получение, использование, переработка, образование, хранение, транспортирование, уничтожение опасных веществ (за исключением объектов, указанных в пунктах 2,3 и 4 данной классификации), устанавливаются исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно находятся или могут находиться на опасном производственном объекте.

2) Объекты по хранению химического оружия, объекты по уничтожению химического оружия и опасных производственных объектов спецхимии устанавливается I класс опасности.

3) Для опасных производственных объектов бурения и добычи нефти, газа и газового конденсата устанавливаются следующие классы опасности:

- II класс опасности – для опасных производственных объектов, опасных в части выбросов продукции с содержанием сернистого водорода свыше 6 процентов объема такой продукции;
- III класс опасности – для опасных производственных объектов, опасных в части выбросов продукции с содержанием сернистого водорода от 1 процента до 6 процентов объема такой продукции;
- IV класс опасности – для опасных производственных объектов, не указанных в подпунктах 1 и 2 настоящего пункта.

4) Для газораспределительных станций, сетей газораспределения и сетей газопотребления устанавливаются следующие классы опасности:

- II класс опасности – для опасных производственных объектов, предназначенных для транспортировки природного газа под давлением свыше 1,2 мегапаскаля или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 1,6 мегапаскаля;
- III класс опасности – для опасных производственных объектов, не указанных в подпункте 1 настоящего пункта.

5) Объекты использующие оборудование, работающее под давлением более 0,07 мегапаскаля и воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия, устанавливаются следующие классы опасности:

- III класс опасности – для опасных производственных объектов, осуществляющих теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения, а также иных опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 мегапаскаля и более или при температуре рабочей среды 250 градусов Цельсия и более;
- IV класс опасности – для опасных производственных объектов, не указанных в подпункте 1 настоящего пункта.

6) Объекты использующие стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры, устанавливаются следующие классы опасности:

- III класс опасности – для подвесных канатных дорог;
- IV класс опасности – для опасных производственных объектов, не указанных в подпункте 1 настоящего пункта.

7) Объекты получающие, транспортирующие, использующие расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более, устанавливаются следующие классы опасности:

- II класс опасности – для опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава 10 000 килограммов и более;

- III класс опасности – для опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава от 500 до 10 000 килограммов.

8) Объекты ведущие горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых устанавливаются следующие классы опасности:

- I класс опасности – для шахт угольной промышленности, а также иных объектов ведения подземных горных работ на участках недр, где могут произойти: взрывы газа и (или) пыли, внезапные выбросы породы, газа и (или) пыли, горные удары, прорывы воды в подземные горные выработки;
- II класс опасности – для объектов ведения подземных горных работ, не указанных в подпункте 1 настоящего пункта, для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет 1 миллион кубических метров в год и более, для объектов переработки угля (горючих сланцев);
- III класс опасности – для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет от 100 тысяч до 1 миллиона кубических метров в год, а также объектов, на которых ведутся работы по обогащению полезных ископаемых (за исключением объектов переработки угля (горючих сланцев);
- IV класс опасности – для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет менее чем 100 тысяч кубических метров в год.

9) Объекты осуществляющие хранение или переработку растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси,

способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию, устанавливаются следующие классы опасности:

- III класс опасности – для элеваторов, опасных производственных объектов мукомольного, крупяного и комбикормового производства;
- IV класс опасности – для иных опасных производственных объектов.

1.2 Технические устройства в составе ОПО

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте – машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта.

На предприятиях перерабатывающей промышленности широко применяются оборудование, работающее под давлением. Оборудование, работающее под давлением, называются герметически закрытые технические устройства, предназначенные для ведения химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жидкостей под давлением.

Основная опасность при эксплуатации такого оборудования заключается в возможности их разрушения при внезапном адиабатическом расширении газов и паров (физический взрыв). При физическом взрыве энергия сжатой среды в течение малого промежутка времени реализуется в кинетическую энергию осколков разрушенного сосуда и ударную волну.

Особенно опасны взрывы сосудов, содержащих горючую среду, так как осколки резервуаров даже большой массы (до нескольких тонн) разлетаются на

расстояние до нескольких сот метров и при падении на здания, технологическое оборудование, емкости вызывают разрушения, новые очаги пожара, гибель людей.

Наиболее частые причины аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением, – несоответствие конструкции максимально допустимому давлению и температуре; превышение давления сверх предельного; потеря механической прочности аппарата (коррозия, внутренние дефекты металла, местные перегревы); несоблюдение установленного режима работы; недостаточная квалификация обслуживающего персонала; отсутствие технического надзора.

Обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, инцидентов, производственного травматизма на объектах при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля (МПа) [3]:

а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);

б) воды при температуре более 115 градусов Цельсия (°С);

в) иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 МПа.

Применение при разработке технологических процессов, техническом перевооружении опасного производственного объекта (далее – ОПО), а также при размещении, монтаже, ремонте, реконструкции (модернизации), наладке и эксплуатации, техническом освидетельствовании, техническом диагностировании и экспертизе промышленной безопасности оборудования.

Технические устройства, эксплуатируемые в составе опасных производственных объектов можно разделить на группы:

1) Подъемно-транспортное оборудование (грузоподъемные краны, краны – трубоукладчики. краны – манипуляторы, лифты, тали, лебедки, устройства грузозахватные)
2) Котельное оборудование (Паровые котлы с давлением пара более 0,07 МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 115°С;

трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07 МПа и температурой воды свыше 115°С; сосуды, работающие под давлением свыше 0,07Мпа; арматура и предохранительные устройства; металлические конструкции для котельного оборудования)

3) Газовое оборудование (Трубопроводы систем внутреннего газоснабжения; наружные газопроводы низкого, среднего и высокого давления стальные и из неметаллических материалов; газовое оборудование котлов, технологических линий и агрегатов; газогорелочные устройства; емкостные и проточные водонагреватели; аппараты и печи; арматура из металлических материалов и предохранительные устройства.
4) Металлургическое оборудование (Доменное, коксовое, сталеплавильное оборудование; технологическое оборудование и трубопроводы для черной и цветной металлургии; технические устройства для производства черных и цветных металлов и сплавов на их основе; машины для литья стали и цветных металлов; агрегаты трубопрокатные; станы обжимные, заготовочные, сортопрокатные и листопрокатные)
5) Оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих и взрывопожароопасных производств (оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением до 16 МПа; оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением более 16 МПа; оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под вакуумом; резервуары для хранения взрывопожароопасных и токсичных веществ; изотермические хранилища; криогенное оборудование;

оборудование аммиачных холодильных установок; печи; компрессорное и насосное оборудование; центрифуги, сепараторы; цистерны, контейнеры (бочки), баллоны для взрывопожароопасных и токсичных веществ; котлы-утилизаторы; энерготехнологические котлы; котлы ВОТ; трубопроводная арматура и предохранительные устройства; технологические трубопроводы и детали трубопроводов)

6) Строительные конструкции (металлические строительные конструкции; арматура, арматурные и закладные изделия железобетонных конструкций; металлические трубопроводы; конструкции и трубопроводы из полимерных материалов)

Выводы по главе 1.

Рассмотрены основные классификации опасных производственных объектов, основные группы технических устройств, используемых при работе таких объектов.

Имеется необходимость усовершенствования технологий, оборудования на опасных производственных объектах, постоянный контроль за объектами ОПО. Для того, чтобы избежать аварийных ситуация, катастроф.

Ведь основная цель промышленной безопасности – это предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих ОПО юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к локализации и ликвидации последствий указанных аварий. Состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на ОПО и последствий аварий.

2 МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ ОПО

При длительной эксплуатации оборудования неизбежно возникают повреждения или нарушения работоспособности его элементов даже при отсутствии дефектов изготовления и соблюдении правил эксплуатации [4]. Это обусловлено особенностями производств: высокой коррозионной активностью технологических сред, высокими температурой, давлением и скоростью технологических потоков, наличием переменных температурных деформаций и сложного напряженного состояния металла оборудования. Кроме того, даже при соблюдении технологической дисциплины при эксплуатации оборудования неизбежны колебания состава сырья и реагентов, в том числе содержания в них агрессивных компонентов; колебания регулируемых параметров (температуры, давления, расхода и др.), обусловленные запаздыванием регулирования: колебания внешних воздействий (напряжения электропитания, температуры и давления технологического пара, охлаждающей воды и др.). Воздействие указанных факторов в течение длительного времени вызывает повреждение металла. Развитие микродефектов на поверхностях нагруженных элементов оборудования или отложение на них осадков, препятствующих протеканию технологического процесса. В некоторые моменты функционирования оборудования могут возникать такие сочетания параметров, которые нарушают его работоспособность, т.е. вызывают отказы.

Отказы оборудования можно разделить на три вида: механические, технологические и обусловленные ошибками (нарушениями) при эксплуатации, изготовлении или разработке оборудования.

К первому виду относят отказы, вызванные нарушением механической работоспособности оборудования вследствие изнашивания, коррозии, поломок деталей, нарушения формы элементов оборудования, возникновения недопустимых сопутствующих процессов – вибрации, стука, утечки технологической среды, перегрева подшипников и др.

К технологическим относят отказы, обусловленные нарушением хода технологического процесса, выполняемого на данном оборудовании, приводящего к выпуску некондиционного продукта или нарушению функционирования оборудования.

Доля отказов третьего вида определяется в основном уровнем технологической дисциплины и культуры производства на конкретном предприятии. В методике этот вид отказов не анализируется.

Большая часть механических и технологических отказов (около 90) проявляется постепенно в изменении одного или нескольких выходных параметров, поэтому их называют также параметрическими. Контролируемыми параметрами могут быть как непосредственно намеряемые величины повреждений (глубина коррозии стенок, износ детали), так и выходные параметры оборудования (производительность, коэффициент полезного действия) и другие количественные показатели качества продукта, параметры вибрации, шума, величина утечки среды через уплотнения и т.д.

Далее эти параметры, контроль которых позволяет прогнозировать моменты наступления отказов оборудования, называются параметрами технического состояния, или сокращенно ПТС.

В соответствии с ГОСТ 27.002–89 отказом оборудования считается нарушение его работоспособного состояния [5]. Если оборудование после отказа или технического освидетельствования не подлежит восстановлению, то такое состояние называют предельным состоянием (ПС) оборудования. Нецелесообразность восстановления оборудования, имеющего повреждения, может быть обусловлена как технико-экономическими показателями, так и нарушениями установленных требований безопасности (экологии). Признаки предельного состояния оборудования, установленные в нормативно-технической документации, называются критериями предельного состояния (КПС).

Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования после момента контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие, требованиям НТД всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности. Остаточный ресурс оборудование может иметь не только до истечения расчетного срока службы, но и после него. Это обусловлено действующими нормами и правилами расчета сроков службы оборудования, предусматривающими обеспечение прочности и износостойкости изделий при наиболее неблагоприятных режимах нагружения в заданных условиях эксплуатации, а также при минимальных уровнях механических характеристик конструкционных материалов, обеспечиваемых по государственным стандартам. Фактические режимы нагружения при соблюдении правил эксплуатации оказываются, как правило, менее напряженными, чем расчетные, что снижает интенсивность расходования заложенных запасов (по прочности, износо- и коррозионной стойкости) обеспечивает резерв по остаточному ресурсу оборудования.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- известны параметры, определяющие техническое состояние оборудования (ПТС);
- известны критерии предельного состояния оборудования;
- имеется возможность периодического (или непрерывного) контроля значений ПТС.

По многим характерным для оборудования деградационным процессам (сплошной коррозии, изнашиванию, ползучести и др.) указанные условия выполняются. По другим видам повреждений (например, образованию трещин, межкристаллитной коррозии) не все условия, необходимые для прогнозирования остаточного ресурса, могут выполняться; в таких случаях требуется проведение специальных исследований. Возможность эксплуатации сосудов, работающих

под давлением, у которых будут выявлены дефекты, превышающие допустимые нормы, определяют с привлечением специализированной научно-исследовательской организации (по ОСТ 26–291–87).

Прогнозирование надежности оборудования обычно осуществляется по схеме (рис. 1). Через определенные периоды эксплуатации t_1, t_2, ... и т.д. измеряют максимальные величины возникших повреждений (износа, коррозии, деформаций) h_1, h_2, ... и т.д. и экстраполируют зависимость до предельно допустимой величины повреждений h_n. Такой метод позволяет получить достаточно точные оценки показателей надежности, если известен вид зависимости h(t) и при измерениях значений h определяются действительно максимальные значения повреждений, т.е. осуществляется сплошной контроль поверхностей оборудования.

Вид зависимости h(t) установлен для многих видов разрушения. При некоторых видах коррозии и изнашивания (трение, эрозионное) зависимость износа от времени линейная: $h(t) = h_o + C*t$, где h_o и C – постоянные величины для заданных условий.

При прогнозировании в зависимости от срока эксплуатации оборудования применяют два подхода. При малом сроке эксплуатации (относительно нормативного) и незначительной поврежденности оборудования для прогнозирования его остаточного ресурса используют только информацию о нагруженности. При сроке эксплуатации близком к нормативному или значительной поврежденности элементов оборудования дополнительно исследуют степень поврежденности оборудования. Преимуществом первого подхода является его меньшая трудоемкость, второго - более точный прогноз, возможность выявления дополнительного резерва ресурса оборудования.

В зависимости от требуемой достоверности прогноза и возможностей получения информации применяют два подхода к прогнозированию: упрощенный, основанный на детерминистических оценках показателей, и уточненный, основанный на вероятностных оценках.

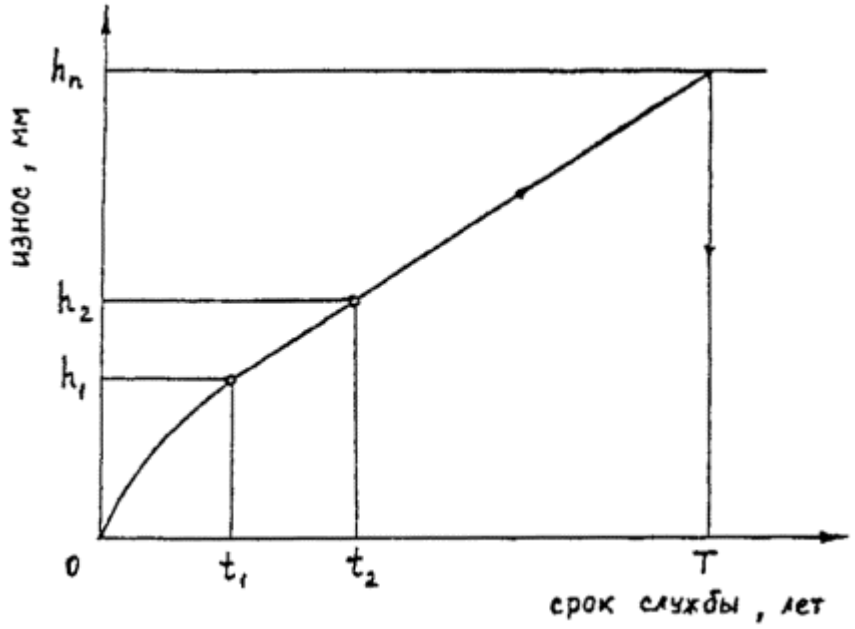

Рисунок 1 – Типовая схема прогнозирования долговечности оборудования:

t – продолжительность эксплуатации; h – величина повреждений.

При первом – отклонения контролируемых параметров относят к погрешностям методов контроля, случайным помехам и при прогнозировании остаточного ресурса в расчетах учитывают с помощью коэффициентов запасов. При втором подходе колебания наблюдаемых параметров используют в качестве дополнительной информации, что позволяет повысить достоверность прогнозирования.

2.1 Методы прогнозирования остаточного ресурса оборудования опасных производственных объектов

Остаточный ресурс аппарата, подвергающегося действию коррозии (эрозии), определяется по формуле

$$T_к(T_э) = \frac{S_ф - S_р}{a}, \qquad (2.1)$$

где $S_Ф$ – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

$S_Р$ – расчетная толщина стенки элемента, мм;

a – скорость равномерной коррозии (эрозионного износа), мм/год;

Формула (2.1), используется, если число замеров N толщины стенок за время эксплуатации сосуда не превышает 3. При $N > 3$ остаточный ресурс сосуда определяется по Методике прогнозирования остаточного ресурса безопасной эксплуатации сосудов и аппаратов по изменению параметров технического состояния [4].

Скорость равномерной коррозии a определяется следующим образом.

Если после проведения очередного обследования имеется только одно измерение контролируемого параметра $S_ф(t_1)$, полученное при рассматриваемом обследовании, то скорость коррозии определяется по формуле

$$a = \frac{S_и + C_0 - S_ф}{t_1}, \qquad (2.2)$$

где $S_и$ – исполнительная толщина стенки элемента, мм;

C_0 – плюсовой допуск на толщину стенки, мм;

t_1 – время от момента начала эксплуатации до момента обследования, лет.

Если после проведения очередного обследования имеются два измерения контролируемого параметра $S_ф(t_2)$, $S_ф(t_1)$, то скорость коррозии определяется по формуле:

$$a = \frac{S_ф(t_1) - S_ф(t_2)}{(t_2 - t_1)K_1K_2}, \qquad (2.3)$$

где $S_ф(t_1)$, $S_ф(t_2)$ – фактическая толщина стенки, определенная при первом и втором обследованиях соответственно, мм;

t_1, t_2 – время от момента начала эксплуатации до момента первого и второго обследования соответственно, лет;

K_1 – коэффициент, учитывающий отличие средней ожидаемой скорости коррозии (эрозии) от гарантированной скорости коррозии (эрозии) с доверительной вероятностью $\gamma = 0{,}7–0{,}95$;

K_2 – коэффициент, учитывающий погрешность определения скорости коррозии (эрозии) по линейному закону, от скорости коррозии, рассчитанной по более точным (нелинейным) законам изменения контролируемого параметра.

Коэффициенты K_1 и K_2 выбираются на основе анализа результатов расчета скорости коррозии для аналогичного оборудования на основе формул[6] при $N \geq 4$. При отсутствии данных для такого анализа значения коэффициентов K_1 и K_2 следует принимать в пределах K_1 = 0,5–0,75; K_2 = 0,75–1,0. При этом большие значения K_1 и K_2 принимаются при незначительной фактической скорости коррозии (меньше 0,1 мм/год) и при общей величине коррозии, не превышающей проектную прибавку на коррозию (2 - 3 мм), меньшие значения K_1 и K_2 принимаются при значительной скорости коррозии и при общей величине коррозии, превышающей проектную прибавку на коррозию.

Если после проведения очередного диагностирования имеются три значения контролируемого параметра $S_ф(t_1)$, $S_ф(t_2)$, $S_ф(t_3)$, полученные при обследованиях в моменты времени t_1, t_2, t_3, то для определения скорости коррозии a проводятся следующие вычисления. Вычисляются величины:

$$S_1 = \sum_{i=1}^{3} S_ф(t_i);\ S_2 = \sum_{i=1}^{3} S_ф(t_i)\ t_i;$$
$$X_1 = \sum_{i=1}^{3} t_i;\ \ X_2 = \sum_{i=1}^{3} t_i^2; \qquad (2.4)$$

После чего a определяется по формуле:

$$a = \frac{S_1 X_1 - 3S_2}{(3X_2 - X_1^2)K_1 K_2}.$$

Если число измерений N контролируемого параметра $S_ф(t_i)$ больше или равно четырем ($N \geq 4$), то расчет остаточного ресурса проводится в соответствии с нормативно-технической документацией [4].

2.2. Прогнозирование ресурса аппаратов при циклических нагрузках

Для аппарата, эксплуатируемого в условиях малоциклового нагружения (до $5 \cdot 10^5$ циклов), допускаемое число циклов нагружения [N] определяется из расчета циклической долговечности по ГОСТ 25859-83 [7]. Для сосудов, у которых расчетное давление свыше 10 МПа, расчет циклической долговечности

по ГОСТ 25859-83 определяется с учетом требований ОСТ 26-1046-87 [8]. Ресурс циклической работоспособности сосуда определяется по формуле

$$T_{ц} = \frac{T_{э}[N]}{N_{э}}, \qquad (2.5)$$

где $T_{э}$ – время эксплуатации сосуда с момента его пуска, лет;

$[N]$ – допускаемое количество циклов нагружения;

$N_{э}$ – количество циклов нагружения за период эксплуатации.

При определении $[N]$ используются минимальные толщины стенок элементов сосуда $S_{ф}$, определенные при толщинометрии сосуда с учетом прибавки на коррозию на момент исчерпания ресурса циклической работоспособности сосуда $T_{ц}$.

В случае если сосуд нагружен циклами различного вида, ресурс определяется по формуле

$$T_{ц} = \frac{T_{э}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{N_j}{[N_j]}}, \qquad (2.6)$$

где N_j –количество циклов нагружения j-го вида за время эксплуатации $T_{э}$;

$[N_j]$ – допускаемое количество циклов нагружения для j-го типа нагружения.

Ресурс остаточной работоспособности определяется по формуле

$$T_{ост(ц)} = T_{ц} - T_{э}. \qquad (2.7)$$

Если аппарат эксплуатируется в условиях многоциклового нагружения ($N_j > 5 \cdot 10^5$), то допускаемое количество циклов нагружения $[N]$ (до $N \leq 10^{12}$) может быть определено с помощью зависимостей, приведенных в нормах расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86.

После этого ресурс остаточной работоспособности сосуда определяется также с помощью формул (2.5)–(2.7).

Если ресурс остаточной работоспособности, определенный по формулам (2.5)–(2.7), оказался исчерпанным, то необходимо провести очередное диагностирование соответствующего сосуда или аппарата. При этом необходимо подвергнуть 100 %-ному контролю места концентраторов и сварные швы аппарата. Если в проконтролированных местах не обнаружено растрескивание, то рассматриваемые сосуды можно допустить к дальнейшей эксплуатации при регулярном дефектоскопическом контроле зон концентраторов напряжений и сварных швов сосудов.

Этот контроль должен проводиться через промежутки времени, за которые число циклов нагружения сосуда не превосходит $0{,}1[N]$. Промежутки времени между очередным контролем могут быть увеличены, если с помощью стандартных испытаний определить статические механические характеристики материала $\left(R_m^t, R_e^t, Z^t, A^t\right)$ сосуда, находящегося в эксплуатации. Размеры образцов и методика их испытаний должны соответствовать ГОСТ 1497–90, ГОСТ 9651–90, ГОСТ 11150–90 [9–11].

После определения статических механических характеристик, допускаемое число циклов нагружения для дальнейшей эксплуатации сосуда определяется с помощью зависимостей, приведенных в нормах ГОСТ 25859–83.

Ресурс циклической долговечности, определенный по результатам испытаний образцов, вырезанных из сосуда, может быть распространен на партию сосудов, имеющих однотипную конструкцию, изготовленных из одного материала и находящихся в идентичных условиях эксплуатации. При этом в качестве представителя группы для вырезки темплетов для образцов выбирается сосуд, подвергшийся наибольшему из данной группы количеству циклов нагружения или имевший большой уровень нагрузок за предшествующий период эксплуатации.

2.3. Прогнозирование ресурса сосуда, работающего в условиях ползучести материала

Остаточный ресурс с учетом ползучести материалов (длительной прочности) определяется для сосудов, работающих при повышенных температурах, когда в расчетах на прочность допускаемое напряжение определяется по пределу длительной прочности или 1 % предела ползучести для заданного срока эксплуатации (10^5 ч). Если нет таких данных, то температура, когда учитывается ползучесть, принимается равной и выше 380 °С для углеродистых сталей, 420 °С - для низколегированных сталей, 525 °С - для аустенитных сталей.

Остаточный ресурс сосудов, работающих при непрерывном режиме нагружения, определяется по формуле

$$T = \frac{S_ф - S_р}{a}, \qquad (2.8)$$

где $S_ф$ – фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

$S_р$ – расчетная толщина стенки элемента, определенная по допускаемым напряжениям, учитывающим предел длительной прочности материала элемента (1 % предела ползучести) для планируемого срока службы, мм;

a – скорость равномерной коррозии (эрозионного изнашивания), мм/год.

Предел длительной прочности (1 % предел ползучести) или допускаемое напряжение для планируемого срока службы определяется по нормативной документации (например, по ГОСТ 14249–89, ОСТ 108.031.08–85, ПНАЭ Г–7–002–86).

Если имеется какой-либо установленный фактический размер $L_ф(t)$ диаметра сосуда или другого фиксированного размера в кольцевом направлении в местах с наиболее высокой температурой и при очередном диагностировании (не более 4 лет) выявлена остаточная деформация ползучести, то ресурс сосуда может быть определен по следующей зависимости:

$$T_п = \frac{1}{a_п}, \quad (2.9)$$

где $a_п$ – скорость установившейся ползучести, %/год.

Остаточный ресурс сосуда в этом случае определяется по формуле

$$T_п^0 = T_п - T_э, \quad (2.10)$$

где $T_э$ – продолжительность эксплуатации от начала до последнего обследования.

Скорость установившейся ползучести определяется по формуле:

$$a_п = \frac{100\left[L_ф(t_1) - L_ф(t_2)\right]}{L_ф(t_1)\Delta t K_1 K_2}, \quad (2.11)$$

где $L_ф(t_1)$, $L_ф(t_2)$ – фактический размер диаметра сосуда или другого фиксированного линейного размера в кольцевом направлении при первом и втором обследованиях соответственно, мм;

Δt – время между первым и вторым обследованиями, лет;

K_1 – коэффициент, учитывающий отличие средней ожидаемой скорости ползучести от гарантированной скорости ползучести с доверительной вероятностью γ = 0,7 - 0,95;

K_2 – коэффициент, учитывающий погрешность определения скорости ползучести по линейному закону, от скорости ползучести, рассчитанной по более точным нелинейным законам изменения контролируемого параметра.

Значения коэффициентов K_1 и K_2 следует принимать в пределах: K_1 = 0,5–0,75; K_2 = 0,75–1,0. При этом большие значения K_1, K_2 принимаются при незначительной скорости ползучести (меньше 0,05 % в год) и при общей остаточной деформации меньше 0,5 %; меньшие значения K_1, K_2 принимаются при значительной скорости ползучести (более 0,05 % в год) и при общей остаточной деформации, превышающей 0,5 %.

Если после проведения очередного диагностирования имеются три значения контролируемого параметра $L_ф(t_1)$, $L_ф(t_2)$, $L_ф(t_3)$, полученные в моменты

времени t_1, t_2, t_3, то для определения скорости ползучести $a_п$ проводятся следующие вычисления. Вычисляются величины:

$$L_1 = \sum_{i=1}^{3} L_ф(t_i);\ L_2 = \sum_{i=1}^{3} L_ф(t_i)\ t_i;$$
$$X_1 = \sum_{i=1}^{3} t_i;\ X_2 = \sum_{i=1}^{3} t_i^2; \qquad (2.12)$$

После этого скорость ползучести определяется по формуле:

$$a_п = \frac{100(L_1 X_1 - 3L_2)}{L_п(X_1^2 - 3X_2)K_1 K_2}.$$

Если число измерений N контролируемого параметра $L_ф(t_i)$ больше или равно четырем ($N \geq 4$), то расчет остаточного ресурса проводится в соответствии с нормативно-технической документацией [6].

Прогнозирование остаточного ресурса при циклических нагрузках в условиях ползучести проводится, если аппарат работает при температурах, вызывающих ползучесть, и при этом нагружается повторными тепловыми или механическими усилиями. В этом случае элементы аппарата должны быть рассчитаны на длительную циклическую прочность.

Расчеты на длительную циклическую прочность проводятся по нормам ПНАЭ Г-7-002-86 с помощью тех же формул, что и расчеты на циклическую прочность при температурах, не вызывающих ползучести. При этом в формулах вместо кратковременных механических характеристик материала используются механические характеристики, полученные при испытаниях на длительную статическую прочность ($R_m^t/10^5$, Z^t, A^t).

$R_m^t/10^5$ – предел длительной прочности при максимальной температуре цикла нагружения за время t.

Z^t – равномерное сужение поперечного сечения при длительном статическом разрушении;

A^t – относительное удлинение образца при длительном статическом разрушении.

2.4. Прогнозирование ресурса сосудов по критерию хрупкого разрушения

Определение остаточного ресурса по критерию хрупкого разрушения (трещиностойкости) проводится в следующих случаях.

1) Минимальная температура стенки сосуда при рабочих режимах эксплуатации или при гидроиспытании может быть меньше минимальной температуры, предусмотренной для применения стали в Правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10–115–96) [12].

2) Сталь или сварные соединения при рабочих режимах эксплуатации или испытаний имеет ударную вязкость ниже значений, предусмотренных табл. 8 Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10–115–96), например, в результате наводораживания сталей.

3) При проведении дефектоскопии сосуда обнаружены дефекты, выходящие за пределы норм, установленных Правилами проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных (ПБ 03-384-00) и ОСТ 24.201.03-90 «Сосуды и аппараты стальные высокого давления [13]. Общие технические требования». При этом проведение ремонта дефектных мест связано с большими техническими трудностями.

4) При проведении дефектоскопии выявлены отдельные трещины, которые после выборки были заварены и места ремонта проконтролированы на отсутствие дефектов.

Условие сопротивления хрупкому разрушению проверяется выполнением следующего соотношения:

$$K_1 \leq [K_1], \qquad (2.13)$$

где K_1 – коэффициент интенсивности напряжений;

$[K_1]$ – допускаемый коэффициент интенсивности напряжений.

Коэффициент интенсивности напряжений определяется в соответствии с нормами, изложенными в ПНАЭ Г-7-002-86 [14].

Для первого случая (при отсутствии информации о дефекте) при определении K_1 принимается условная поверхностная трещина глубиной $a = 0{,}25S$ и полудлиной $C = 1{,}5a$.

Для первого случая при оценке хрупкой прочности можно провести расчет по критерию «течь перед разрушением».

Использование критерия «течь перед разрушением» предусматривает выполнение условия, при котором процессу неконтролируемого роста трещины (хрупкому разрушению) предшествует образование сквозного дефекта на стадии ее медленного подрастания, то есть значение критического размера дефекта $l_{кр}$ больше, чем толщина стенки S элемента сосуда, в котором имеется дефект:

$l_{кр} > S$.

Критический размер дефекта рассчитывается по формуле

$$l_{кр} = \frac{K_{1c}^2}{M\sigma_1^2}, \qquad (2.14)$$

где K_{1c} – критический коэффициент интенсивности напряжений в материале сосуда;

M – параметр, зависящий от конструкции сосуда, формы трещины и напряженного состояния;

σ_1 – максимальное напряжение в зоне дефекта.

Параметр M определяется по справочной литературе.

Условие трещиностойкости по критерию «течь перед разрушением» может быть записано в следующем виде:

$$K_{1c}\sigma_1 l_{kp} \geq Sn_e, \qquad (2.15)$$

где n_e – коэффициент запаса по критическому размеру дефекта.

Учитывая, что коэффициент запаса прочности по коэффициенту интенсивности напряжений равен 2, значение коэффициента n_e следует принимать $n_e = 4$.

Если снижение температуры по сравнению с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10-115-96), не более 20 °С, то проверку на хрупкое разрушение можно провести на основании выполнения расчетов на прочность при пониженных допускаемых напряжениях. При толщине стенки меньше 36 мм и проведении термообработки сосуда допускаемое напряжение, определяемое по ГОСТ 14249-89, должно быть понижено в 1,35 раза. При отсутствии термообработки допускаемое напряжение снижается в 2,85 раза [15].

Для третьего случая, когда в процессе дефектоскопии обнаружены недопустимые один или несколько дефектов, расчет проводится для трещиноподобного дефекта. Размеры дефекта и его глубина залегания определяются по результатам дефектоскопии. Учитывая, что коэффициент интенсивности напряжений зависит от размеров дефекта и величины напряжений, в расчете (при наличии нескольких дефектов), рассматривается наихудшее их сочетание и определяется максимальная возможная интенсивность напряжений.

Для четвертого случая, когда в процессе дефектоскопии обнаружены отдельные трещины, расчет коэффициента интенсивности напряжений проводится для фактических размеров трещины, обнаруженной в сосуде.

Допускаемый коэффициент интенсивности напряжений определяется по формуле:

$$[K_1] = \frac{K_{1кр}}{n_к}, \qquad (2.16)$$

где $K_{1кр}$ – критический коэффициент интенсивности напряжений;

$n_к$ – коэффициент запаса прочности по трещиностойкости. Для рабочих условий $n_к = 2$; для условий испытаний $n_к = 1,5$.

Критический коэффициент интенсивности напряжений может определяться на основании результатов испытания материала на хрупкое разрушение в соответствии с требованиями ГОСТ 25.506-85 [16] для рабочих

условий эксплуатации или условий испытаний. Если проведение таких испытаний невозможно, то значение допускаемого коэффициента интенсивности напряжений рекомендуется определять по ПНАЭ Г-7-002-86. При определении допускаемого коэффициента интенсивности напряжений по ПНАЭ Г-7-002-86 за критическую температуру хрупкости материала следует принимать минимальную температуру применения сталей, предусмотренную Правилами проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных (ПБ 03-384-00) и ОСТ 24.201.03-90 «Сосуды и аппараты стальные высокого давления. Общие технические требования».

Остаточный ресурс определяется в зависимости от первоначального расчетного срока $T_{нр}$, от объема контроля при техническом диагностировании и от вероятности хрупкого разрушения сосуда. Остаточный ресурс определяется по формуле

$$T_{хр} = b\ T_{нр}, \qquad (2.17)$$

где $T_{нр}$ – расчетный срок службы сосуда. Если в паспорте сосуда срок не указан, то принимается 20 лет;

b – коэффициент, определяемый по рис. 6.1 в зависимости от объема контроля $V_к$ при техническом диагностировании.

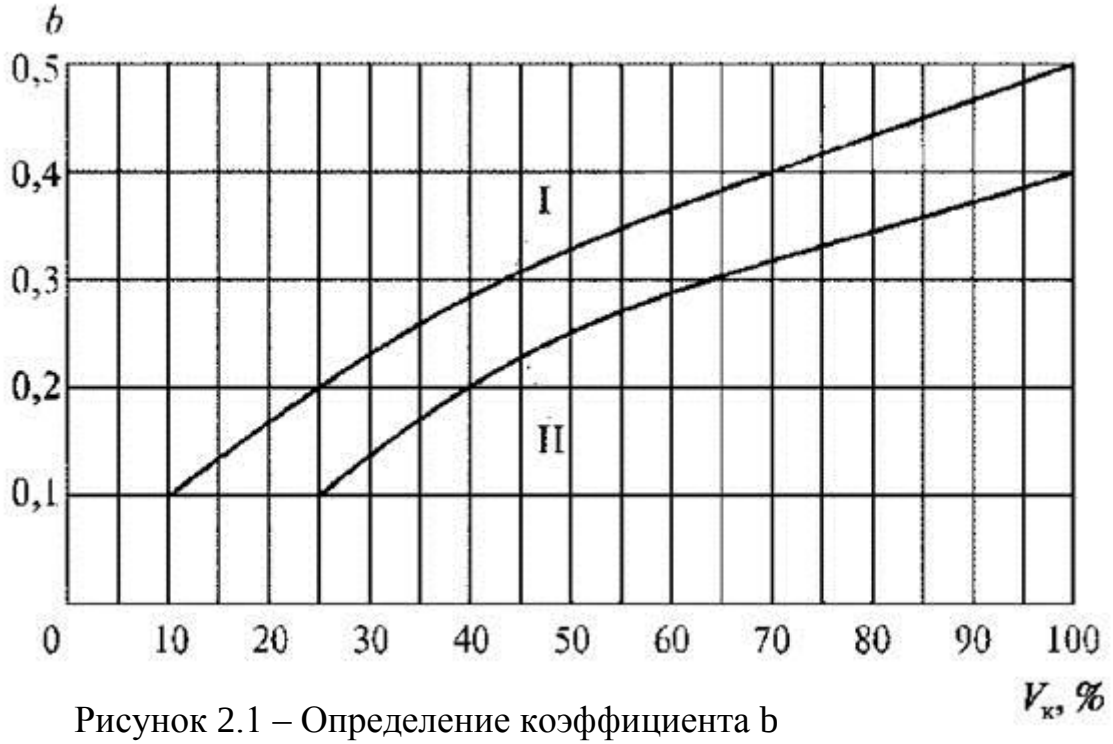

Рисунок 2.1 – Определение коэффициента b

Для первого, второго и четвертого случаев коэффициент b определяется по кривой I рис. 2.1. Для третьего случая - по кривой II.

Выводы по разделу два.

Рассмотрены одни из методов определения остаточного ресурса оборудования по разным параметрам.

Проведенный анализ методов оценки остаточного ресурса показал целесообразность дальнейшего усовершенствования методик более точного обнаружения неисправностей изделий на ранней стадии эксплуатации. Оценка остаточного ресурса при использовании таких методик характеризуется применением большого числа многофакторных зависимостей, что исключает расширение базы данных непосредственно в технологическом процессе. Модели изнашивания по своей сути являются статическими.

Таким образом, актуальными являются следующие задачи: разработка новых динамических моделей, учитывающих сложные многофакторные фазовые и структурные изменения технического изделия; создание методик получения

наиболее информативных признаков изделия с целью дальнейшего диагностирования и оценивания вероятности выхода объекта из строя.

3 НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО СУШИЛКИ ТИПА БН-3,2-22

Применяемые в промышленности сушила можно классифицировать по ряду конструктивных, технологических и других признаков. По виду обрабатываемого материала они разделяются на сушила для сушки изделий и сушки сыпучих и кусковых материалов. По конструкции сушильного пространства – туннельные, шахтные, барабанные, камерные. По способу подачи и перемещения материала – распылительные, конвейерные, пневматические, размольно-сушильные. По схеме движения материала и сушильного агента - противоточные, прямоточные, с рециркуляцией и другие. Для сушки мелкосыпучих, сыпучих материалов порошков применяются различные конструкции сушил непрерывного действия, например, барабанные, пневматические распылительные.

Сушка – это процесс удаления из материалов влаги, обеспечиваемый ее испарением и отводом образовавшихся паров. Сушка материалов и изделий производится в зависимости от их назначении или последующей обработки. Для ряда материалов в результате сушки увеличивается прочность, долговечность, облегчается обработка, улучшаются теплоизоляционные свойства и т.д.

Различают сушку естественную (на открытом воздухе) и искусственную (в сушилках). При естественной сушке материал можно высушить только до влажности, близкой к равновесной. Преимущество искусственной сушки состоит в ее малой продолжительности и возможности регулирования конечной влажности материала. Аппараты, в которых осуществляют сушку, называют сушилками.

Барабанные сушилки предназначаются для сушки сыпучих, зернистых и кусковых материалов, например песка, угля, глины, известняка, алюминиевой стружки, пастообразных материалов и т. д. В зависимости от способа передачи теплоты от сушильного агента к материалу барабанные сушилки делятся на три группы:

- прямого действия, в которых сушильный агент непосредственно соприкасается с материалом;
- непрямого действия, косвенного нагрева, где необходимое для сушки количество теплоты передается сквозь стенки барабана;
- смешанного действия, в которых часть теплоты от сушильного агента передается материалу сквозь стенку, а часть – путем непосредственного соприкосновения.

Барабанные сушилки имеют широкое распространение в промышленности строительных материалов для сушки глины, песка, известняка, мела, угля, шлаков и др. Эти сушилки высокопроизводительны, просты по конструкции и надежны в работе. Барабан сушила имеет длину 4–30 м и диаметр 0,1–3,2 м, установлен под углом 4–6° к горизонту и вращается со скоростью 0,5–8 об/мин. Движение материалов и топочных газов внутри суша может быть прямоточным и противоточным. Последнее обусловливается рядом факторов. Если требуется глубокое высушивание материла или когда материал не выдерживает высокой температуры в первый период сушки может быть нагрет до более высокой температуры в конце сушки, схема движения может быть противоточной. Противоток применяется при сушке песка, известняка и др. Однако в большинстве случаев находит применение прямоточная схема движения. Прямоток обеспечивает меньшее пыление и унос; влажные и пластичные материалы легче отдают начальную влагу и быстро приобретают необходимую сыпучесть.

По конструктивному использованию барабанные сушилки очень разнообразны. Сушилка может быть выполнена в виде единственной трубы, может также представлять собой систему, состоящую из большого числа труб разных диаметров, вставленных одна в другую [17].

Наиболее распространенная барабанная сушилка представляет собой цилиндрический наклонный барабан с двумя бандажами, которые при вращении барабана катятся по опорным роликам. Материала поступает с приподнятого

конца барабана через питатель, захватывается винтовыми лопастями, на которых он подсушивается, после чего перемещается вдоль барабана, имеющего угол наклона к горизонтали до 6°. Осевое смещение барабана предотвращается упорными роликами.

Материал перемещается в сушилке при помощи внутренней насадки, равномерно распределяющей его по сечению барабана. Конструкция насадки зависит от размера кусков и свойств высушиваемого материала. Насадка осуществляет механическую перевалку материала, сбрасывая его в поток сушильного агента. Ее назначение заключается в том, чтобы процесс теплообмена влажного материала с сушильным агентом осуществлялся по возможно большему поперечному сечению барабана.

Обычно в барабанных сушилках материал и сушильный агент движутся прямотоком, благодаря этому предотвращается пересушивание и унос материала топочными газами в сторону, противоположную его движению. Для уменьшения уноса при прямотоке скорость газов в барабане поддерживается не более 2-3 м/сек. Газы поступают из топки, примыкающей к барабану со стороны входа материала и снабженной смесительной камерой для охлаждения газов до нужной температуры наружным воздухом.

Высушиваемый материал проходит через подпорное устройство в виде сменного кольца или поворотных лопаток, посредством которых регулируется степень заполнения барабана, обычно не превышающая 20–25% его объема. Готовый продукт проходит через шлюзовой затвор, препятствующий подсосу наружного воздуха в барабан, и удаляется транспортером. Газы просасываются через барабан при помощи дымососа, установленного за сушилкой. Для улавливания из газов пыли между барабаном и дымососом включен циклон.

Барабан приводится во вращение посредством зубчатого венца, который находится в зацеплении с ведущей шестерней, соединенной через редуктор с электродвигателем. Скорость вращения барабана зависит от угла его наклона и продолжительности сушки; обычно барабан делает 1-8об/мин.

При сушке материалов в барабане основное количество теплоты от сушильного агента материалу передается конвекцией во время пересыпания. При увеличении степени загрузки барабана материалом возможность пересыпания его сокращается. Вместе с этим уменьшается поверхность материала, омываемого сушильным агентом, и уменьшается интенсивность сушки. Поэтому оптимальным условием загрузки, по экспериментальным данным, считают заполнение объема барабана материалом не более чем на 15–20 %. Кроме того, материал получает теплоту от нагретых устройств барабана за счет теплопроводности. Конструкции барабана и поверхность материала получают теплоту за счет излучения.

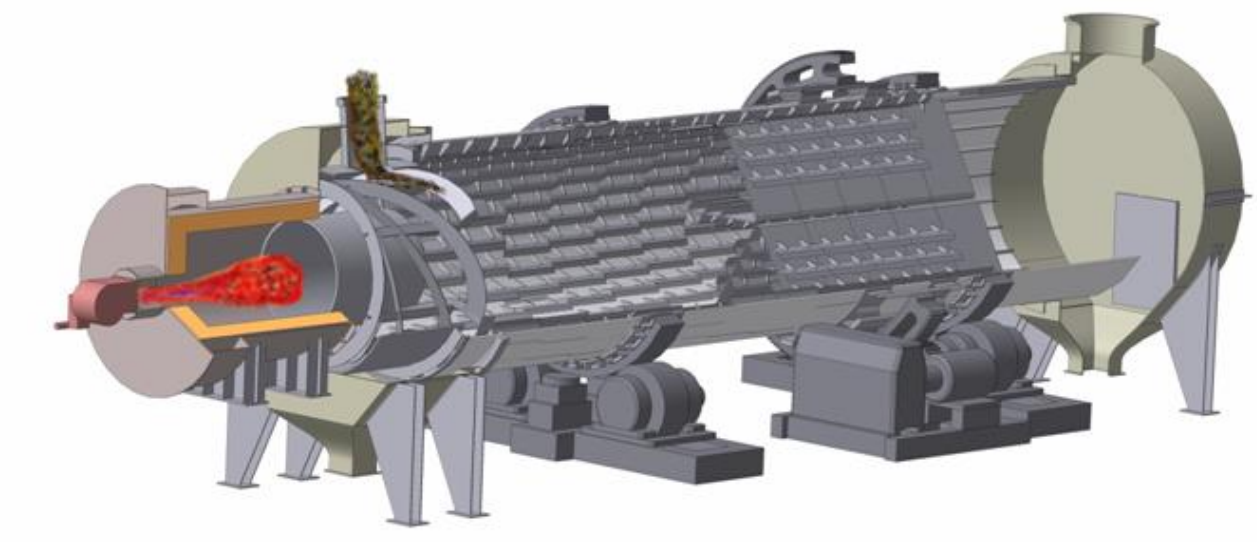

Рисунок 3.1 – схема сушилки типа БН в разрезе.

Барабанные сушилки предназначены для сушки сыпучих и пастообразных продуктов (шламов) в различных диапазонах температур. Аппарат представляет собой цилиндрический корпус, установленный на роликовых опорах с наклоном в сторону выгрузки продукта.

Непрерывное вращение осуществляется от индивидуального привода. Необходимый для сушки воздух нагревается в топочных устройствах. Сушка может производиться прямотоком или противотоком.

При производстве медного концентрата на стадии сушки широко используются крупногабаритные барабанные сушилки типа БН-3,2-22 (ОАО «Сильвинит», г. Соликамск; ОАО «Беларускалий», г. Солигорск и др.).

Преимуществами этих сушилок являются:

- интенсивность и равномерность сушки вследствие тесного контакта материала и сушильного агента;
- относительная простота и компактность устройства;
- большая производительность;
- большое напряжение барабана по влаге, достигает 100 кг/м3 и более;
- Большая экономичность, по сравнению с шахтными.

К недостаткам относятся:

- громоздкость при значительных затратах металла и необходимость сооружения специального помещения.

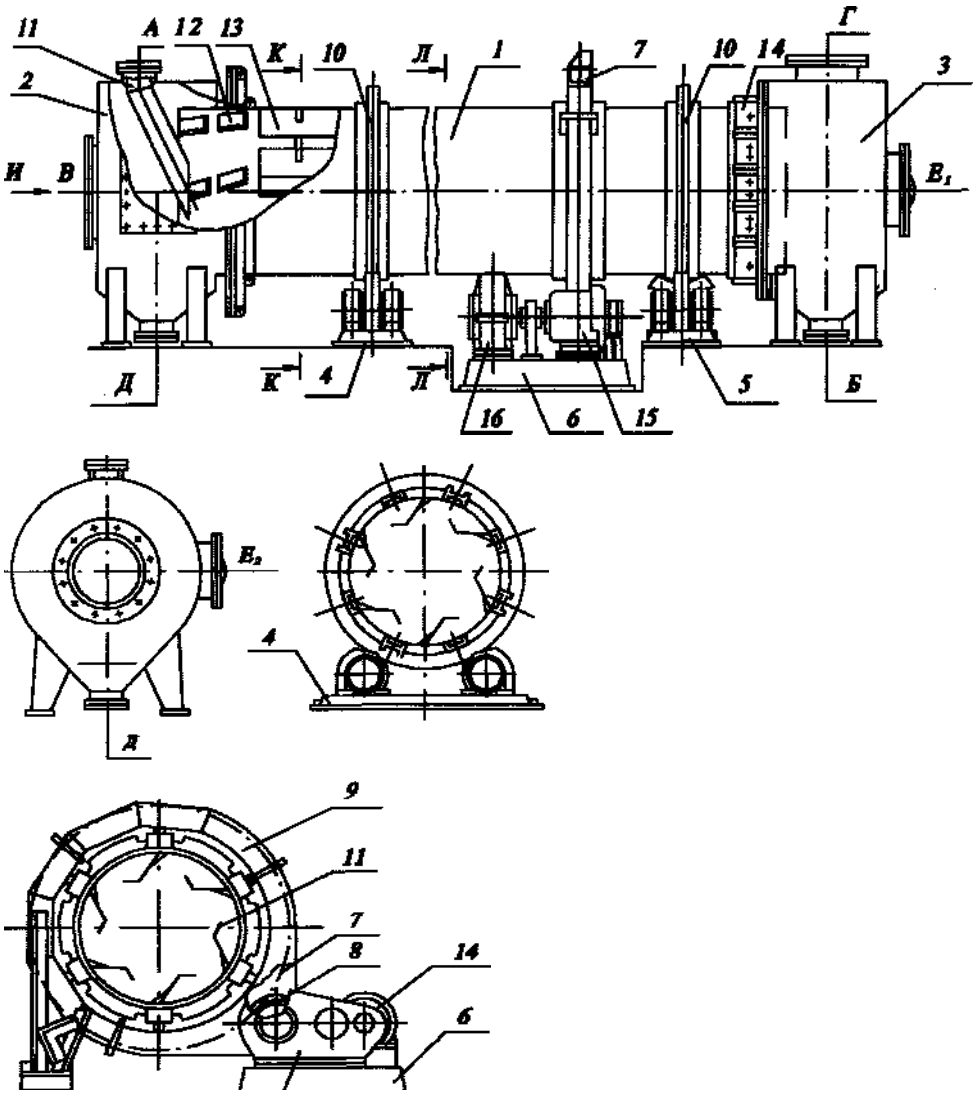

Рисунок 3.2 – барабанная сушилка

1-корпус; 2-загрузочная камера; 3-разгрузочная камера; 4-опорная станция; 5-опорно-упорная станция; 6-приводная станция; 7-венцовая шестерня; 8-подвенцовая шестерня; 9-защитный кожух; 10-бандаж; 11-течка; 12-распределительная насадка; 13-подъёмно-лопастная насадка; 14-ленточное уплотнение; 15-электродвигатель; 16-редуктор.

Оборудование, входящее в состав сушильной установки:

- Печь для сжигания топлива и получения высокотемпературного теплоносителя, состоящая из топки и смесительной камеры. Пылеуловитель центробежный, который, в случае использования в качестве топлива мазута или другого органического топлива, служит

для улавливания огарковой пыли, находящейся в дымовом газе, полученном в печи, и для улавливания мелкокристаллической фазы продукта, уносимой теплоносителем из сушилки.

- Загрузочная и разгрузочная камеры (ЗК) и (РК), служащие для обеспечения загрузки и выгрузки продукта.
- Вентилятор, служит для подачи воздуха в топку и смесительную камеру.
- Вентилятор, обеспечивающий движение теплоносителя через установку.
- Бункер для высушенного материала.
- Моторно-редукторная группа, служащая для обеспечения вращения барабана сушилки (БС) и передвижения материала.
- Опорные станции – для монтажа аппарата и обеспечения его вращения.

Постоянной тенденцией в процессе эксплуатации этих сушилок на производстве является дальнейшее повышение их производительности и снижение удельного энерго- и теплопотребления на тонну готового продукта.

Главной частью данного аппарата является сварной барабан, расположенный под углом 3 градуса к горизонтальной плоскости, вращающийся при помощи передаточного механизма в виде венцовой шестерни, жестко закрепленной на барабане и шестерни привода, которая и передает вращение. Передача вращающего момента от мотора через редуктор к барабану осуществляется с помощью цилиндрической зубчатой передачи. Вращение передаётся от малой шестерни, сидящей на выходном валу редуктора, к основной, так называемой венцовой шестерне, смонтированной на барабане. Она представляет собой весьма ответственную деталь, работающую при высоких напряжениях. Венцовая шестерня отливается из двух половин, соединяемых призонными болтами. В виду отсутствия опасности появления больших температурных напряжений венцовая шестерня крепится жёстко к

корпусу барабанной сушилки. Центрирование венца производится с помощью регулирующих подкладок, помещённых между шестерней и башмаками.

На барабане свободно насажены два бандажа, каждый из которых служит опорой и узлом качения барабана и опорных роликов.

Конструкция упорных станций предусматривают наличие опорных роликов, служащих для устранения возможности продольного сползания барабана. На выходе барабана установлена камера выгрузки, в которую поступает выходящий из сушилки продукт.

На ОАО «Сильвинит» в настоящее время эксплуатируются сушильные барабаны, снабженные следующей насадкой (со стороны загрузки): приемно-винтовая 1,5 м, лопастная с прямыми радиальными лопастями 19,0 м. На длине 1,5 м со стороны выгрузки насадки нет. Угол подъема приемно-винтовой насадки 60.

Корпус сушилки, загрузочная и разгрузочная камеры, а также лопастная насадка выполнены из углеродистой стали. Венец, опорные и упорные ролики изготовлены из конструкционной нелегированной стали. Шестерня подвенцовая и вал шестерни изготовлены из углеродистой качественной конструкционной стали.

Принцип действия аппарата основан на процессе теплообмена между газом и материалом при их непосредственном соприкосновении. При этом материал подается в загрузочную камеру питателем и посредством приемно-винтовой насадки попадает во внутрь барабана сушилки. В результате вращения барабана и наличия лопастной насадки материал продвигается вдоль оси барабана, интенсивно перемешиваясь.

Топочный газ, полученный в результате сжигания топлива и охлажденного до температуры порядка 800 градусов, за счет подачи холодного воздуха в смесительную камеру, поступает в барабан сушилки.

Прямоточное движение материала и теплоносителя, обеспечивает недопущение перегрева материала, так как поглощение максимальной

температуры газа соответствует поглощению максимальной влажности материала.

Высушенный материал поступает в разгрузочную камеру, отработанные газы после очистки выбрасываются в атмосферу.

Недостатками данной конструкции является залипание насадочного устройства, что приводит к ухудшению теплообмена между материалом и теплоносителем. В результате низка эффективность сушки производительность.

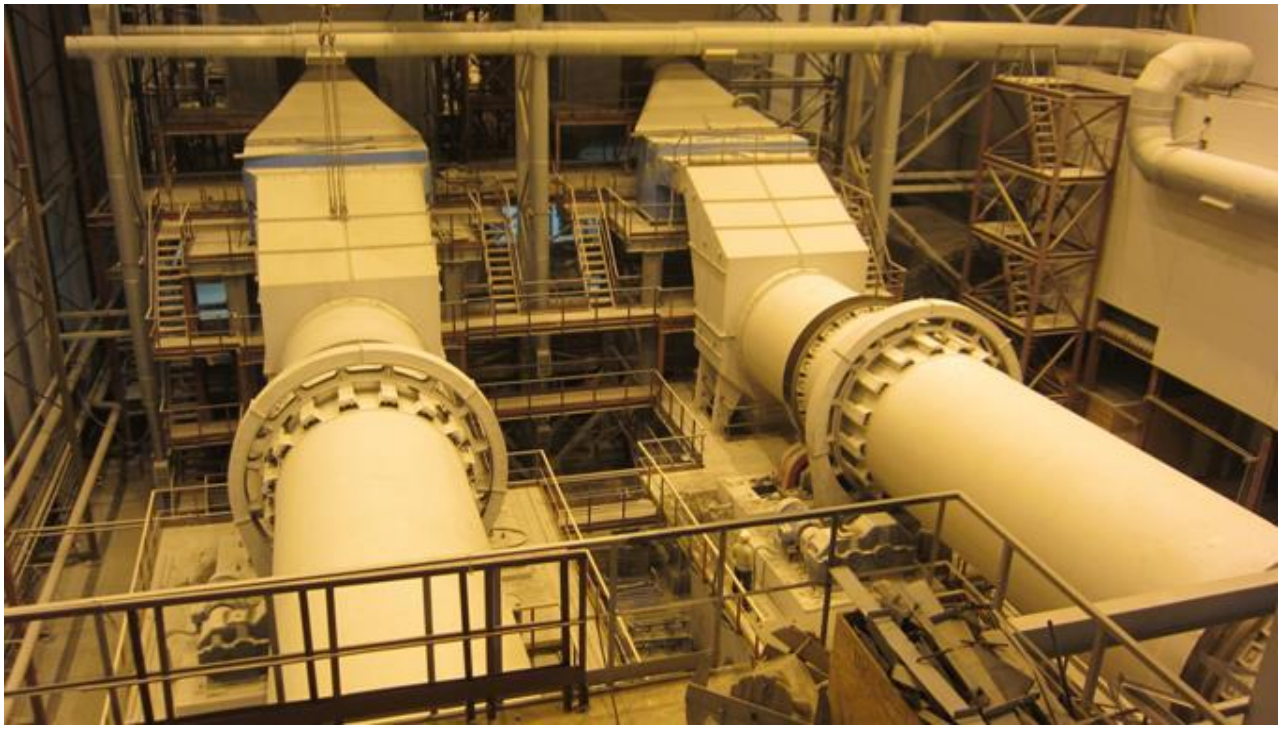

Рисунок 3.3 – сушилка типа БН-3,2-22.

Вывод по главе 3.

В главе описано назначение и устройство сушилки, основные методы сушки материалов, принцип работы устройства.

В различных отраслях народного хозяйства широко распространены процессы удаления жидкости (растворителей) с поверхности или из внутренних слоев различных материалов. Для этого используют барабанные сушилки, которые в свою очередь представляют опасность для обслуживающего персонала.

При работе можно выделить много опасных факторов, это и опасные вещества, и высокая температура, давление. Авария на данном объекте может привести к пагубным последствиям, необходимо проводить постоянный контроль за оборудованием.

4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СУШИЛКИ БН-3,2-22 ПО ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сушилки типа БН-3,2-22, эксплуатирующиеся на Гайскомгорнообогатительном комбинате в условиях сушки медного концентрата, подвергаются коррозионно-эрозионному изнашиванию. С целью выбора коррозионно-стойкого материала взамен применяющейся Ст.3 для указанного типа сушилок НИИ химмашем выполнена научно-исследовательская работа, включавшая измерения остаточной толщины стенок барабана сушилки, эксплуатировавшегося более одного года. На рисунке 4.2 показана схема расположения точек измерения остаточной толщины стенки на развертке обечайки барабана и значения глубин коррозионно-эрозионного износа, нанесенные на координатную сетку; L-h, (где L – расстояние от края обечайки со стороны загрузки концентрата).

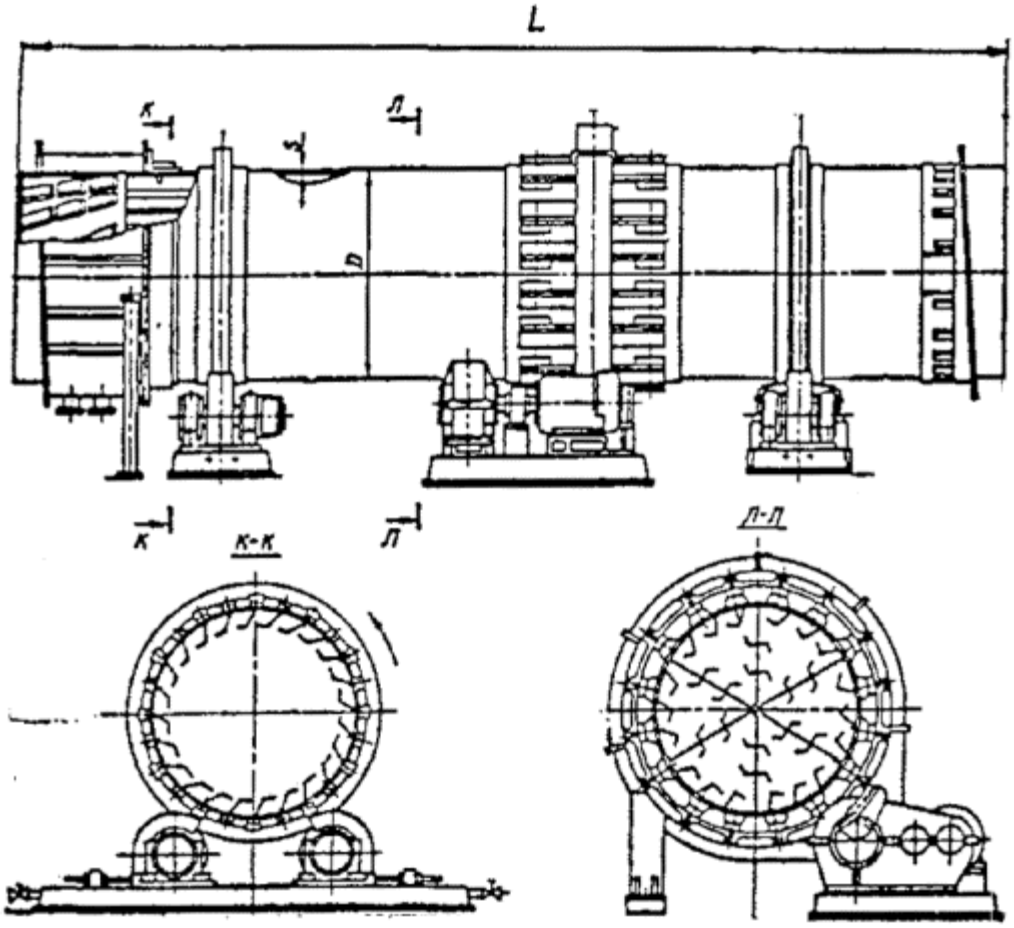

Рисунок 4.1 – Схема конструкции барабанной сушилки БН 3,2÷22 (L=22м; D=3,2м; S=20 мм).

Глубина h_i определялась по разности δ_0-δ_i (где δ_0 -начальная толщина стенки барабана 20 мм). Остаточная толщина стенки определялась ультразвуковым толщиномером "Кварц-6".

Статистические характеристики глубин повреждений приведены в табл. 4.1, где N - число измерений на участке;

$\bar{h}$ – среднее значение глубины; σ - среднее квадратическое отклонение, V – коэффициент вариации.

Таблица 4.1

Номер участка	Статистические характеристики			
	N	$\bar{h}$, мм	σ, км	Vn
1	16	1,56	1,02	0,7
2	26	1,17	0,73	0,62
3	16	1,35	0,93	0,69
4	22	3,1	1,47	0,47
5	21	2,4	1,1	0,46

Расположение точек на рис. 3.3 наглядно показывает неравномерность разрушения стенки, как по окружности, так и по длине барабана. Эта неравномерность объясняется как стохастическими свойствами локальных систем "вектор параметров потока (температура и состав газа, скорость и концентрация частиц медного концентрата) - участок поверхности барабана", так и изменением физико-химического состава потока по длине барабана (за время движения происходит испарение влаги из медного концентрата до 3 -7% и подкисление до pH=2÷4). Для выяснения значимости различий в глубине повреждений (коррозии, износа) стенок барабана на разных расстояниях от места загрузки концентрата поверхность развертки была разбита на пять смежных участков. Проверка осуществлялась по критерию Стьюдента.

По результатам проверки данных рисунку 4.3 установлено, что на участках 1, 2 и 3 различия в глубине повреждений стенок не является статистически значимыми и могут быть объединены в одну выборку.

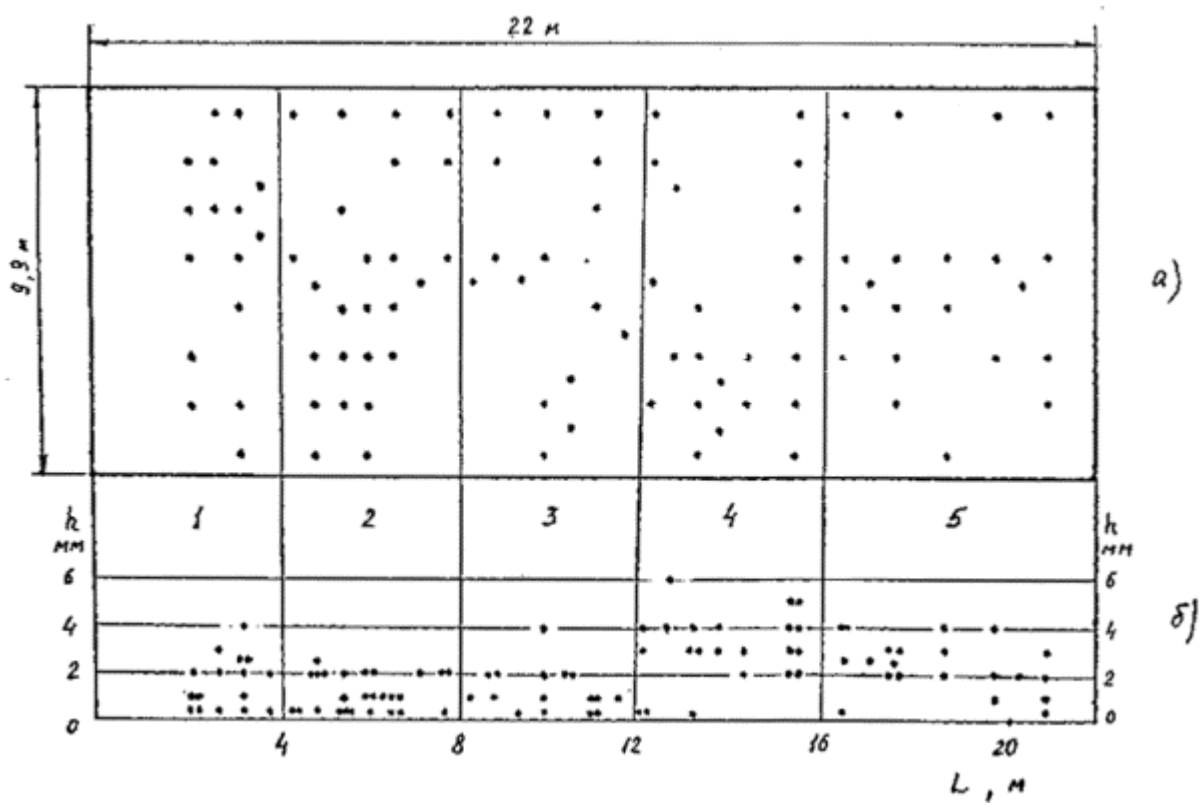

Рисунок 4.2 – проверка глубины повреждения стенок

После объединения результаты измерений глубины повреждений были нанесены на вероятностную бумагу Вейбулла.

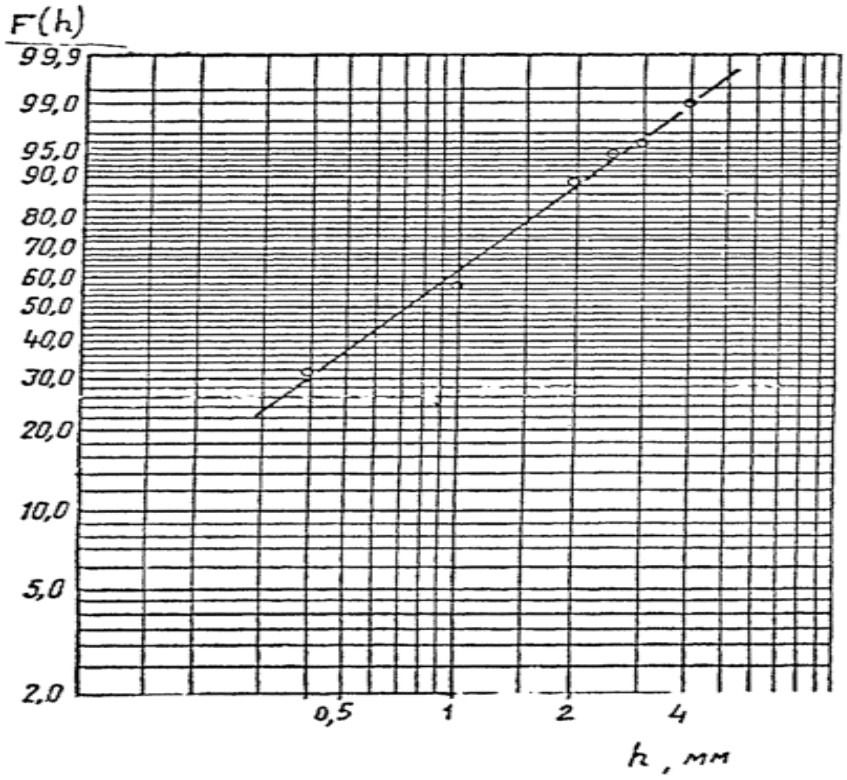

Рисунок 4.3 – Распределение измеренных глубин повреждений h, на вероятностной бумаге Вейбулла, {F(h) - интегральная вероятность повреждения на глубину h}.

Расположение точек на одной прямой линии свидетельствует о соответствии полученного эмпирического распределения теоретическому распределению Вейбулла и о правомерности применения для прогнозирования ресурса сушилки данной методики. На участках 4 и 5 различия в h, оцененные по критерию Стьюдента, оказались существенными, поэтому расчёт их остаточного ресурса в соответствии с рекомендациями методики необходимо осуществлять отдельно. Для выполнения расчета необходимо определить критерии предельного состояния оборудования и параметры распределения глубин повреждений, приведенные к моменту наступления предельного состояния.

Критерием предельного состояния барабана сушилки является уменьшение толщины стенки до 10 мм (исходная толщина 20 мм) на поверхности, составляющей от обшей площади 5%, т.е. h_n=10 мм; β =0,05.

Параметры распределения глубин повреждений определяются через приведенный коэффициент вариации по формуле, в которой V_h, h берутся для участка, подтвержденного наибольшему разрушению.

Рассчитать фактический срок службы сушилки БН-3,2-22, минимальный (гарантированный ресурс)

Исходные данные: барабанная сушилка БН 3,2÷22 (L=22м; D=3,2м; S=20 мм), h_n=10 мм; β =0,05, $К_в$=0,897

Уточненная оценка коэффициента вариации глубины повреждений для рассматриваемого участка поверхности определится по формуле:

$$V_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} V_{hi}^2 n_i}{N}},$$

где V_{hi}. - коэффициент вариации глубины на i-м участке поверхности: n_i - число измерений глубины на i-м участке поверхности; N - число обследованных участков поверхности.

Величина коэффициента вариации для 4-го участка (участка наибольшего износа) барабана, определенная с использованием зависимости, составила 0,44. Величина приведенного коэффициента вариации V_n, определенного по формуле, составила 0,33. Значения параметров распределения $К_в$=0,897;

B = $f(V_n)$=3,3.

Расчетный средний ресурс барабана равен:

$$T_p = \frac{h_n K_в}{c(-\ln\beta)^{1/в}} = \frac{10 \cdot 0{,}897}{2{,}74(-\ln 0{,}05)^{1/3{,}3}} = 2{,}35$$ лет,

где с - средняя скорость коррозии

$c = \bar{h}/\tau$= 3,1/1,13=2,74мм/г.

Гарантированный (гамма-процентный) ресурс определяется по формуле

$$T_{p\gamma} = T_p(1 - u_\gamma V_т) = 2{,}74(1 - 3{,}09 \cdot 0{,}043) = 204$$ года,

где u_γ – квантиль нормального распределения, соответствующая уровню γ = 0,999; $V_т$ – коэффициент вариации ресурса

$$V_т = V_h \Big/ \sqrt{\sum_{i=1}^{N} n_i} = 0{,}44/\sqrt{102} = 0{,}043$$.

Фактический срок службы обследованных, барабанных сушилок составил 2 года, что свидетельствует о верности расчёта. Сравнив полученные результаты с результатами расчёта традиционным методом. Ожидаемый срок службы (ресурс) традиционно определяют по средней скорости коррозии.

$T_р = h_n/c = 10/2{,}74 = 3{,}65$ лет.

Минимальный (гарантированный) ресурс определяют по максимальной глубине h_{max}измерений повреждений

$T_{р\gamma} = h_n \tau / h_{max} = 10 \cdot 1{,}13/6 = 1{,}88$ лет.

Вывод по разделу 4.

Проведен расчет остаточно ресурса работы барабанной сушилки типа БН-3,2-22 по данным, проведенной проверки глубины повреждения стенок оборудования.

Расчёты традиционными методами дают значительно большую погрешность. Низкий срок службы данных сушилок обусловлен несоответствием коррозионной стойкости Ст.3 условиям эксплуатации. Результаты исследований позволят рекомендовать более стойкие материалы для изготовления барабанов сушилок и их внутренних устройств – насадок, обеспечивающие повышение их ресурса в 5 - 10 раз.

Важно проводить оценку остаточного ресурса оборудования, для исключения возможности отказов или аварий, для обеспечения безопасной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России больше количество объектов, которые относятся к опасным производственным объектам. В состав таких объектов входят технические устройства, способные в случае выхода из строя, аварии или иных факторов воздействия нанести вред жизни и здоровью персонала и населения в целом. Гораздо проще и значительно дешевле предупредить аварию, чем её затем ликвидировать.

В выпускной квалификационной работе рассмотрена классификация опасных производственных объектов, перечень групп технических устройств, используемых на опасных производственных объектах.

Безаварийность на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих и других предприятиях достигается решением ряда сложных задач, важнейшими из которых являются следующие: обеспечение требований безопасности на стадии проектно-конструкторских работ, создание надежных автоматических систем диагностики и защиты от аварий, качественное изготовление и монтаж оборудования, разработка и строгое соблюдение правил эксплуатации и технического обслуживания.

Изучено назначение и устройство сушилки БН-3,2-22, принцип работы данного оборудования.

Необходимость определения остаточного ресурса оборудования возникает при продлении срока его службы за пределы, нормативного для безопасности его эксплуатации, а также при планировании периодичности контроля его технического состояния и ремонтов, обеспечивающей надежность и эффективность функционирования оборудования.

Проведен расчет остаточно ресурса работы барабанной сушилки типа БН-3,2-22 по данным, проведенной проверки глубины повреждения стенок оборудования. Минимальный (гарантированный) ресурс составил приблизительно 2 года.

Определенный минимальный гарантированный ресурс позволяет определить срок службы оборудования, до необходимой замены частей оборудования для обеспечения безопасности оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

2) Федеральный закон от 04.03.2013 N 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

3) Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением". Утверждены приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 года N 116

4) РД 26.260.004-91. Руководящий документ. Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации" (утв. и введен в действие Концерном "Химнефтемаш"от 1 января 1991 года №26.260.004-91)

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

6) ГОСТ 25859-83. Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках

7) ГОСТ 26-1046-87. Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность.

8) ГОСТ 1497-90. Металлы. Метод испытания на растяжение.

9) ГОСТ 9651-90. Металлы. Метод испытания на растяжение при повышенных температурах.

10) ГОСТ 11150-90. Металлы. Методы испытания на растяжение при пониженных температурах.

11) ПБ 10-115-96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 18.04.95 г., № 20.

12) ПБ 03-384-00. Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 04.10.00 № 57.

13) ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

14) ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

15) ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.

16) В.Ф. Степанчука, Справочное пособие по теплотехническому оборудованию промышленных предприятий. Мн.: Высшая школа, 1983-256с.