
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
ISO 13679 –
202

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ОБСАДНЫЕ И НАСОСНО-
КОМПРЕССОРНЫЕ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Методы испытаний резьбовых соединений

(ISO 13679:2019,
Petroleum and natural gas industries –
Procedures for testing casing and tubing connections,
IDT)

Проект, окончательная редакция

Настоящий проект стандарта не подлежит применению
до его утверждения

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила, рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ») и ПК 7 «Нарезные трубы» ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны» на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 5 стандарта

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004 – 97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «_____» _____ 20__ г. № _____ межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 13679–20XX введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с «_____» _____ 20__ г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 13679:2019 «Нефтяная и газовая промышленность. Процедуры для испытания соединений обсадных и насосно-компрессорных труб» (Petroleum and natural gas industries – Procedures for testing casing and tubing connection, IDT). Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 67 «Материалы, оборудование и морские сооружения для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности», Подкомитет SC 5 «Обсадные, насосно-компрессорные и бурильные трубы».

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования

указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

В настоящий стандарт внесено дополнительное приложение ДА, в которое включены положения стандарта API RP 5C5, четвертое издание, 2017 г. Более подробная информация об этом и других изменениях к указанному международному стандарту приведена во введении к настоящему стандарту.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДБ.

6 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 13679 – 2016

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

Стандартинформ, 202

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1	Область применения.....
2	Нормативные ссылки.....
3	Термины и определения.....
4	Дополнения к API RP 5C5:2017.....
4.1	Общие требования.....
4.2	Область применения.....
4.3	Нормативные ссылки.....
4.4	Номинальная производительность соединения
4.5	Анизотропные опорные кривые.....
4.6	Влияние нагрузки, близкой к пределу текучести.....
4.7	Отчет об испытаниях.....
	Приложение ДА (обязательное) Основные положения стандарта API RP 5C5.....
	Приложение ДБ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным межгосударственным стандартам.....
	Библиография

Введение

Настоящий стандарт разработан на основе международного стандарта ISO 13679:2019, который в свою очередь был разработан на основе стандарта API RP 5C5, четвертое издание, 2017 г., с включением ряда дополнительных положений.

Ввиду того, что в части основных технических требований ISO 13679:2019 ссылается на API RP 5C5:2017, а также с целью сохранения идентичной степени соответствия настоящего стандарта международному стандарту ISO 13679:2019, при разработке настоящего стандарта было принято решение о внесении дополнительного приложения ДА, в которое включены все основные положения стандарта API RP 5C5:2017.

Применяемые в международном стандарте ISO 13679:2019 термины заменены на применяемые в национальной практике: «материнская труба» на «исходная заготовка», «укороченная труба» на «патрубок», термин «муфтовое соединение», означающий элемент соединения с внутренней резьбой, на «раструбный элемент».

Экспериментальное подтверждение области испытательных и предельных критических нагрузок на резьбовое соединение имеют решающее значение при проектировании обсадных и насосно-компрессорных труб, применяемых в нефтяной и газовой промышленности. Обсадные и насосно-компрессорные трубы подвергаются нагрузкам, включающим наружное и внутреннее давление, осевое растяжение, осевое сжатие, изгиб, скручивание, поперечные усилия и температурные изменения. Величина и комбинация этих нагрузок приводят к различным механизмам разрушения тела трубы и резьбового соединения. Механизм разрушения, испытательные и предельные нагрузки для резьбового соединения отличаются и зачастую меньше, чем для тела трубы, и требуют экспериментального подтверждения.

Подтверждение испытательных и предельных нагрузок предусматривает испытания эксплуатационных характеристик резьбового соединения при заданных предельных нагрузках. Такие испытания гарантируют, что эксплуатационные характеристики резьбовых соединений, применяемых в пределах этих нагрузок, будут не ниже эксплуатационных характеристик испытанных резьбовых соединений. Эксплуатационные характеристики резьбового соединения включают предельные отклонения размеров, механические свойства, обработку поверхности, момент свинчивания, вид и количество резьбовой смазки.

Для специальных условий эксплуатации могут требоваться другие испытания резьбовых соединений, в этом случае между заказчиком и изготовителем могут быть

согласованы необходимые отклонения от настоящего стандарта.

Рекомендуется проведение испытаний под наблюдением представителей заказчика и (или) инспекции третьей стороны.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ОБСАДНЫЕ И НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методы испытаний резьбовых соединений

Casing and tubing steel pipes for the oil and gas industry. Procedures of thread connection testing

Дата введения – 20__–__–__

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на методы испытаний, проводимых для определения склонности к образованию задиров при свинчивании, уплотнительных свойств, эксплуатационных характеристик и конструктивной прочности резьбовых соединений обсадных и насосно-компрессорных труб.

В настоящем стандарте рассматриваются условия применения обсадных и насосно-компрессорных труб в целом, без учета наружного диаметра этих труб.

Настоящий стандарт распространяется на испытания резьбовых соединений, применяемых в наиболее часто встречающихся условиях, и не распространяется на применение резьбовых соединений в специальных условиях, например, на применение в агрессивных средах, которые могут повлиять на эксплуатационные характеристики резьбовых соединений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты ¹⁾:

ISO 3183, Petroleum and natural gas industries. Steel pipe for pipeline transportation systems (ISO 3183, Промышленность нефтяная и газовая. Стальные трубы для трубопроводно-транспортных систем)

ISO 11960, Petroleum and natural gas industries. Steel pipes for use as casing or tubing for wells (ISO 11960, Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные, используемые в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб для скважин)

¹⁾ Для недатированных ссылок используют последнее издание стандарта, включая все изменения и поправки.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины, приведенные в дополнительном приложении ДА, пункт ДА.3.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 номинальная производительность соединения (nominal connection performance envelope): Заявленная изготовителем производительность резьбового соединения, которая основана на установленных геометрических и технических характеристиках трубы.

3.2 влияние нагрузки, близкой к пределу текучести (near-yield loading effects): Циклический рост диапазона пластических деформаций в циклически размягчающемся материале при напряжениях ниже предела текучести этого материала.

4 Дополнения к API RP 5C5:2017

4.1 Общие требования

Применяются требования, указанные в API RP 5C5:2017 (см. приложение ДА), за исключением случаев, указанных в 4.2 – 4.7.

4.2 Область применения

Замените раздел 1 API RP 5C5: 2017 разделом 1 настоящего стандарта.

4.3 Нормативные ссылки

Замените API Spec 5CT (Спецификация для обсадных и насосно-компрессорных труб) на ISO 11960 (Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные, используемые в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб для скважин).

Замените API Spec 5L (Спецификация для трубопроводов) на ISO 3183 (Промышленность нефтяная и газовая. Стальные трубы для трубопроводно-транспортных систем).

4.4 Номинальная производительность соединения

Замените первый абзац пункта 4.3 API RP 5C5:2017 следующим абзацем:

Перед началом испытания изготовитель должен представить план испытаний. План испытаний должен содержать спецификацию с указанием предполагаемого уровня оценки испытаний и эксплуатационные характеристики резьбового соединения. Изготовитель

должен представить чертеж участков поперечного сечения резьбового соединения и техническую документацию, детализирующую технические условия, процессы и процедуры, необходимые для полного изготовления и контроля резьбового соединения. Изготовитель должен обеспечить параметры свинчивания резьбового соединения и порядок ремонта. Дополнительно, изготовитель должен определить особые эксплуатационные характеристики тела трубы, например, 90 % минимальную номинальную толщину стенки, стойкость к наружному сминающему давлению, или контролируемый предел текучести, необходимые для оценки резьбового соединения.

Замените пункт А.1.5 API RP 5C5:2017 следующим абзацем:

Изготовитель резьбового соединения должен обеспечить номинальную производительность резьбового соединения с одноосными номинальными характеристиками и заданными параметрами указанной производительности.

4.5 Анизотропные опорные кривые

В настоящем стандарте признается, что изотропное поведение материала проявляется не во всех трубных изделиях нефтяного сортамента (OCTG), и что кривая номинального VME тела трубы (см. API RP 5C5:2017, приложение D, кривая 1) и кривая фактического VME испытательного образца тела трубы (см. API RP 5C5:2017, приложение D, кривая 4) явно отражают предположение об изотропности материала. Чтобы обеспечить соответствующий контекст для испытаний резьбовых соединений с анизотропными материалами, изготовитель должен разработать и сообщить кривую номинальной текучести тела трубы и кривые фактической текучести испытательного образца тела трубы, используя анизотропный критерий текучести, например обычный анизотропный критерий текучести Хилла или другие критерии для учета наблюдаемых свойств текучести (сжатия), вместо кривых изотропного материала. Изготовитель резьбового соединения должен документировать методику разработки этих анизотропных кривых текучести и сообщить методику и результаты в API RP 5C5:2017, пункт С.2, раздел 7, часть (а) отчета об испытаниях резьбового соединения.

4.6 Влияние нагрузки, близкой к пределу текучести

В системах резьбовых соединений труб, т.е. в испытательных образцах резьбовых соединений, циклическое нагружение до уровней напряжений, приближающихся к пределу текучести металла трубы, может вызвать пластическую деформацию (пластическое растяжение), которая увеличивается по величине с каждым циклом нагрузки. Возникающее в результате этого накопление пластической деформации может повлиять на работоспособность системы резьбовых соединений труб или привести к ее структурному разрушению, что было отмечено при исследовании свойств металла и полномасштабных

испытаниях, проведенных в поддержку оценки резьбовых соединений обсадных труб. Эти аспекты поведения металла обсадных и насосно-компрессорных труб и их проявления в системах резьбовых соединений труб рассматриваются как влияние нагрузки, близкой к пределу текучести.

Взаимодействие между переменными, влияющими на нагрузку, близкую к пределу текучести (архитектура резьбовых соединений труб, свойства металла и нагружение) сложны; в общем случае степень выраженности влияния нагрузки, близкой к пределу текучести, зависит от следующих факторов:

- неопределенность оценки текучести материала (температура окружающей среды и повышенные температуры);
- скорость деформации;
- приложенная амплитуда циклического напряжения;
- многоосевое напряженное состояние в системе труб;
- реакция на напряжение-деформацию (предел текучести и предел упругости при изгибе);
- склонность к циклическому разупрочнению;
- ударные нагрузки;
- термомеханические нагрузки металла труб в прошлом.

Влияние нагрузки, близкой к пределу текучести, наблюдалось при выполнении испытаний на изгиб резьбовых соединений, предусмотренных настоящим стандартом. Необходимо контролировать деформацию (растяжение) резьбовых соединений труб во время испытаний для оценки устойчивости пластической деформации, особенно в случаях, когда испытательный образец резьбовых соединения многократно нагружают до напряжений, потенциально превышающих пределы упругости металла труб. Места для контроля устойчивости пластической деформации, а также допустимые уровни пластической деформации должны быть рекомендованы изготовителем резьбового соединения.

4.7 Отчет об испытаниях

Заменить С.2.1, перечисление с) API RP 5C5:2017 на «с) ссылкой на настоящий стандарт и используемое издание;».

Заменить С.2.1, перечисление f) API RP 5C5:2017 на “f) температура и DLS, используемые в испытаниях;».

Приложение ДА (обязательное)

Основные положения стандарта API RP 5C5

(Настоящее приложение содержит основные технические требования API RP 5C5:2017, на которые ссылается международный стандарт ISO 13679:2019, и внесено с целью сохранения идентичной степени соответствия настоящего стандарта международному стандарту ISO 13679:2019. Разделы 1 «Область применения» и 2 «Нормативные ссылки» API RP 5C5:2017 не включены в настоящее приложение в соответствии с требованиями пунктов 4.2 и 4.3 настоящего стандарта, нумерация пунктов приложения ДА начинается с номера 3 для сохранения взаимосвязи с API RP 5C5:2017).

ДА.3 Термины, определения, условные обозначения и сокращения

ДА.3.1 Термины и определения

ДА.3.1.1 **двухосное масштабирование** (bi-axial scaling): Масштабирование исходного диапазона или кривой вдоль оси осевой нагрузки и оси нагрузки от давления с соответствующим коэффициентом оценки, тем самым создавая второй диапазон или кривую, который радиально пропорционален исходному.

ДА.3.1.2 **диаграмма нагружения осевое давление-нагрузка** (axial-pressure load diagram): График зависимости давления от осевой нагрузки, показывающий эталонные границы тела трубы, характеризующий диапазон оценки резьбового соединения (СЕЕ) и диапазон испытательных нагрузок (ТЛЕ) или предельную нагрузку.

ДА.3.1.3 **диапазон или кривая повышенной температуры** (elevated temperature envelope or curve): Двухосно масштабируется от соответствующего диапазона или кривой температуры окружающей среды, как в направлении осевой нагрузки, так и в направлении нагрузки от давления с коэффициентом масштабирования, являющимся соотношением между пределом текучести материала при повышенной температуре и пределом текучести материала при температуре окружающей среды.

ДА.3.1.4 **диапазон оценки резьбового соединения, СЕЕ** (connection evaluation envelope): График, в котором содержатся данные, по которым оценивают резьбовое соединение.

ДА.3.1.5 **диапазон испытательных нагрузок, ТЛЕ** (test load envelope): Область, ограниченная значениями испытательных нагрузок (осевой нагрузки, давления, изгибающей нагрузки) в четырех квадрантах, полученных из диапазона оценки резьбового соединения СЕЕ, в пределах которых резьбовое соединение должно быть испытано.

ДА.3.1.6 **заедание** (galling): Повреждение поверхности в результате холодного сваривания контактных поверхностей, сопровождаемое отрывом материала при дальнейшем скольжении или вращении.

Примечание – Различают несколько степеней заедания, в зависимости от необходимого ремонта и отчета, см. ДА.8.2.

ДА.3.1.7 **исходная заготовка** (mother joint): Труба или трубная заготовка для муфт, от которой отрезают патрубки для изготовления испытательных образцов.

ДА.3.1.8 **колонна труб** (pipe string): Несколько труб, соединенных между собой.

Примечание – Термин введен с целью пояснения понятия, встречающегося в тексте настоящего стандарта.

ДА.3.1.9 **кривая номинального смятия по API при температуре окружающей среды** (nominal API collapse curve at ambient temperature): Кривая характеристик для испытательного образца из ISO 10400 или [1], с использованием наружного диаметра, толщины стенки и минимального предела текучести материала, установленных в качестве исходных данных.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который касается сопротивления наружному давлению.

ДА.3.1.10 **кривая номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды** (nominal VME curve at ambient temperature): Кривая характеристик для испытательного образца из ISO 10400 или [1], с использованием наружного диаметра, толщины стенки, k_{wall} (для минимальной толщины стенки), и минимального предела текучести материала, установленных в качестве исходных данных.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который касается трехмерной текучести трубы.

ДА.3.1.11 **кривая собственного высокого смятия при температуре окружающей среды** (proprietary high collapse curve at ambient temperature): Кривая номинального смятия только в направлении давления с коэффициентом масштабирования, являющимся соотношением одноосного собственного давления смятия и одноосного номинального давления смятия.

ДА.3.1.12 **кривая фактического смятия по API при температуре окружающей среды** (actual API collapse curve at ambient temperature): Кривая для испытательного образца из ISO 10400 или [1], с использованием измеренных: максимального среднего наружного диаметра, минимальной средней толщины стенки и минимального предела текучести материала, при температуре окружающей среды, установленных в качестве исходных данных.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который касается сопротивления наружному давлению.

ДА.3.1.13 кривая фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (actual VME curve at ambient temperature): Кривая для испытательного образца из ISO 10400 или [1], с использованием измеренных: среднего наружного диаметра, минимальной толщины стенки (только для кольцевого напряжения), минимальной средней толщины стенки и минимального предела текучести материала при температуре окружающей среды, установленных в качестве исходных данных.

ДА.3.1.14 легкое заедание (light galling): Заедание, последствия которого могут быть устранены при помощи шлифовальной шкурки.

ДА.3.1.15 многоэлементное уплотнение (multiple seals): Система уплотнений, состоящая из двух или более независимых элементов, каждый элемент которой является самостоятельным уплотнением.

ДА.3.1.16 муфта (coupling): Цилиндр с внутренней резьбой, предназначенный для соединения двух труб, имеющих на концах наружную резьбу.

Примечание – Термин введен с целью пояснения понятия, встречающегося в тексте настоящего стандарта.

ДА.3.1.17 муфтовый конец (box end): Конец элемента колонны труб, имеющий резьбовое упорное соединение с внутренней замковой резьбой.

Примечание – Термин введен с целью пояснения понятия, встречающегося в тексте настоящего стандарта.

ДА.3.1.18 натяг (interference): Расстояние, характеризующее посадку одного изделия на другое, и припуск на механическое довинчивание.

ДА.3.1.19 образец материала для испытаний (проба), МТ (material test coupon): Цилиндр из трубы и (или) трубной заготовки для муфт, из которого вырезают образцы для испытаний на растяжение.

ДА.3.1.20 образец для испытания на растяжение (tensile test specimen): Полноразмерный плоский образец от стенки или цилиндрический образец, вырезанный из пробы (МТ).

ДА.3.1.21 образец резьбового соединения (connection specimen): Два патрубка, соединенные между собой.

Примечание 1 – Образец муфтового соединения состоит из патрубков с наружной резьбой (ниппельных элементов), соединенных муфтой с внутренней резьбой (раструбным элементом), образец раструбного соединения – из патрубка с наружной резьбой (ниппельного элемента) и патрубка с внутренней резьбой (раструбного элемента).

Примечание 2 – Термин введен с целью пояснения понятия, встречающегося в тексте настоящего стандарта.

ДА.3.1.22 **овальность уплотнения** (seal ovality): Разность максимального диаметра уплотнения и минимального диаметра уплотнения, деленная на средний диаметр уплотнения и умноженная на 100.

ДА.3.1.23 **одноосное масштабирование** (uni-axial scaling): Масштабирование исходного диапазона или кривой вдоль оси нагрузки от давления производится только с соответствующим коэффициентом масштабирования, создавая таким образом второй диапазон или кривую, которая имеет наибольшее разделение на оси нагрузки от давления и сходится с исходной кривой в одной точке на оси осевой нагрузки.

ДА.3.1.24 **одноэлементное уплотнение** (single seal): Одно уплотнение или несколько уплотнений, функции которых нельзя разделить физически.

ДА.3.1.25 **партия** (lot): Трубы одного размера, одной группы прочности, из стали одной плавки, которые подвергались термообработке в течение одного непрерывного процесса или в одной садке.

ДА.3.1.26 **партия изделий с резьбой** (thread lot): Изделия, изготовленные на резьбонарезном оборудовании в течение непрерывного производственного цикла, который не прерывался значительными поломками инструмента или неисправностями оборудования (исключая износ или незначительные поломки инструмента), заменой держателя (кроме черновой расточной оправки) или любыми другими сбоями в работе резьбонарезного оборудования или контроле калибрами.

ДА.3.1.27 **патрубок** (rip joint or rip): Отрезок трубы или трубной заготовки для муфт, может быть с резьбой.

ДА.3.1.28 **предельная нагрузка** (limit load): Максимальное значение сочетания нагрузок (осевой нагрузки и (или) давления), которое определяет условия разрушения резьбового соединения, или максимальная нагрузка, вызывающая пластическую деформацию (например, продольный изгиб) перед полным разрушением резьбового соединения (отказом).

ДА.3.1.29 **разрушающая нагрузка** (failure load): Нагрузка, при которой тело трубы или резьбовое соединение полностью разрушаются, в виде выхода резьбового соединения из сопряжения, растрескивания, значительной пластической деформации (например, вспучивания или смятия), или значительной потери герметичности.

ДА.3.1.30 **уплотнение по резьбе** (thread seal): Уплотнение или система уплотнений, создающие герметичность резьбового соединения за счет точности профиля резьбы и резьбовой смазки, нанесенной на поверхность резьбы.

ДА.3.1.31 **сильное заедание** (severe galling): Заедание, последствия которого не могут быть устранены с помощью надфиля и шлифовальной шкурки.

ДА.3.1.32 **соединение** (connection): Резьбовое соединение двух концов труб с помощью муфты (муфтовое соединение) или двух концов труб без помощи муфты (раструбное соединение).

ДА.3.1.33 **температура окружающей среды, комнатная температура** (ambient temperature): Фактическая температура в помещении испытательной лаборатории во время проведения испытаний.

ДА.3.1.34 **умеренное заедание** (moderate galling): Заедание, последствия которого могут быть устранены при помощи надфиля и шлифовальной шкурки.

ДА.3.1.35 **уплотнение** (seal): Элемент, препятствующий проникновению испытательной среды.

ДА.3.1.36 **уплотнение металл-металл** (metal-to-metal seal): Уплотнение или система уплотнений, создающие герметичность резьбового соединения за счет высокого контактного напряжения сопрягаемых металлических поверхностей.

П р и м е ч а н и е – Резьбовая смазка может иметь как положительное, так и отрицательное влияние на эксплуатационные характеристики уплотнения металл-металл.

ДА.3.1.37 **упругое уплотнение** (resilient seal): Уплотнение или система уплотнений, создающие герметичность резьбового соединения при помощи уплотнительных колец, установленных внутри резьбового соединения (например, в профиле резьбы или на уплотнительном участке).

ДА.3.1.38 **утечка** (leak, leakage): Любое вытеснение текучей среды в измерительной системе во время выдержки резьбового соединения под давлением.

ДА.3.1.39 **утечка вследствие вытеснения** (leak tube displacement): Изменение уровня воды в мерном цилиндре, указывающее на изменение объема из-за изменений прилагаемой нагрузки, температуры, давления или утечки.

ДА.3.1.40 **циклы QI-QIII** (QI-QIII cycles): Циклическое нагружение между QI (растяжение и внутреннее давление) при температуре до 150 °F (65 °C) включит. и QIII (сжатие и наружное давление) при температуре 356 °F (180 °C).

ДА.3.1.41 **эквивалентное напряжение по фон Мизесу** (von Mises equivalent stress): Эквивалентное напряжение, основанное на максимальном критерии потенциальной энергии деформации формоизменения Мизеса-Генки.

ДА.3.1.42 **эталонные границы трубы** (pipe body reference envelope): График, содержащий максимумы характеристик трубы на основании измеренных свойств

Примечание – Характеристики трубы, такие, как текучесть эквивалентного напряжения по Мизесу; см. ISO 10400 или [1] по смятию.

ДА.3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

A – резьбовое соединение заводского конца трубы (элемент A);

AMYS – фактический минимальный предел текучести;

B – резьбовое соединение полевого конца трубы (элемент B);

BO – развинчивание;

CAL – уровень оценки резьбового соединения;

CCW – направление против часовой стрелки;

CEE – диапазон оценки резьбового соединения (оцениваемые границы резьбового соединения);

CEPL – нагрузка (растяжение), возникающая под действием давления на элемент резьбового соединения с торцевой заглушкой;

CRA – коррозионностойкие стали и сплавы;

CW – направление по часовой стрелке;

EP – наружное давление;

FEA – анализ методом конечных элементов;

FMU – образец резьбового соединения в состоянии после окончательного свинчивания;

H – максимальный (высокий) диапазон натяга резьбы или уплотнения;

H/H – установленное максимальное количество резьбовой смазки – установленный максимальный момент затяжки, и на рисунках с ДА.4 по ДА.7, максимальный натяг резьбы – максимальный натяг уплотнения;

H/L – установленное максимальное количество резьбовой смазки – установленный минимальный момент затяжки, и на рисунках с ДА.4 по ДА.7, максимальный натяг резьбы – минимальный натяг уплотнения;

IJ – раструбное резьбовое соединение Integral Joint;

IP – внутреннее давление;

L – минимальный (низкий) диапазон натяга резьбы или уплотнения;

L/H – установленное минимальное количество резьбовой смазки – установленный максимальный момент затяжки, и на рисунках с ДА.4 по ДА.7, минимальный натяг резьбы – максимальный натяг уплотнения;

LL – предельная нагрузка;
LL1 – вариант испытания предельной нагрузкой 1;
LL2 – вариант испытания предельной нагрузкой 2;
LL3 – вариант испытания предельной нагрузкой 3;
LL4 – вариант испытания предельной нагрузкой 4;
LL5 – вариант испытания предельной нагрузкой 5;
LP – точка приложения нагрузки;
MBG – испытание образца на заедание при свинчивании-развинчивании;
MC – механический цикл;
MT – образец для испытания материала (проба);
MU – свинчивание;
OCTG – трубы нефтяного сортамента;
OD – наружный диаметр;
PBVME – границы тела трубы по фон Мизесу (теоретическая нагрузка);
PF-BS – ниппельный конец с большим сбегом – раструбный конец с малым сбегом;
PS-BF – ниппельный конец с малым сбегом – раструбный конец с большим сбегом;
PTFE – политетрафторэтилен;
SMYS – установленный минимальный предел текучести;
TC – термический цикл;
T&C – с резьбой и муфтой;
TLE – диапазон испытательных нагрузок;
TS-A – испытание серии А;
TS-B – испытание серии В;
TS-C – испытание серии С;
VME – эквивалентное напряжение по фон Мизесу;
XH – предельно максимальный (высокий) диапазон натяга резьбы или уплотнения;
XL – предельно минимальный (низкий) диапазон натяга резьбы или уплотнения.

ДА.3.3 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

A^a – циклы в испытании серии А при температуре окружающей среды с использованием газа для внутреннего давления и жидкости для наружного давления; для CAL I с использованием жидкости для внутреннего давления;

A^e – циклы в испытании серии А при температуре 365 °F (180 °C) для CAL III и CAL IV с использованием газа для внутреннего давления и жидкости для наружного давления;

A_p – номинальная или средняя площадь поперечного сечения трубы; на основании

D и d для номинального значения, D_{avg} и d_{avg} для среднего значения;

B^a – циклы в испытании серии В, с изгибом, при температуре окружающей среды с использованием газа для CAL II – CAL IV; для CAL I с использованием жидкости для внутреннего давления;

B^b – циклы в испытании серии В, с изгибом, при температуре окружающей среды с использованием газа для CAL II – CAL IV; для CAL I с использованием жидкости для внутреннего давления;

B^c – циклы в испытании серии В, с изгибом, с использованием газа при температуре 365 °F (180 °C) для CAL III и CAL IV, или при температуре 275 °F (135 °C) для CAL II;

C – осевое усилие сжатия;

CEE^a_c – сжатие оцениваемых границ резьбового соединения при нулевом давлении при температуре окружающей среды;

CEE^a_t – растяжение оцениваемых границ резьбового соединения при нулевом давлении при температуре окружающей среды;

D – номинальный наружный диаметр трубы;

D_{avg} – максимальный, из средних измеренных в установленных плоскостях наружных диаметров испытательного образца трубы;

D_i – внутренний диаметр трубы;

D_{leg} – эффективная степень прогиба, в градусах на 100 футов или в градусах на 30 м;

D_o – наружный диаметр трубы;

d – номинальный внутренний диаметр трубы, на основании D и t ;

d_{avg} – средний внутренний диаметр испытательного образца трубы, на основании измерений D_{avg} и t_{avg} ;

d_{wall} – максимальный внутренний диаметр трубы на основании D и t_{min} или испытательного образца трубы на основании D_{avg} и t_{min} ;

E_f – абсолютная погрешность калибровки нагрузочного устройства;

E_{fp} – относительная погрешность калибровки нагрузочного устройства, в процентах;

F_{CEPL} – нагрузка от давления на торце с заглушкой, действующая на резьбовое соединение;

F_a – общее осевое усилие растяжения или сжатия (сумма применяемых нагрузок: F_b , F_i , F_{CEPL});

F_b – эквивалентное осевое усилие изгиба;

F_c – заявленная прочность образца резьбового соединения при сжимающей нагрузке эталонных границ трубы при нулевом давлении (одноосное сжатие);

F_f – фактическое осевое усилие растяжения или сжатия;

F_i – номинальное осевое усилие растяжения или сжатия;

F_t – заявленная прочность образца резьбового соединения при растягивающей нагрузке эталонных границ трубы при нулевом давлении (одноосное растяжение);

f_{ymn} – установленный минимальный предел текучести материала;

I – момент инерции;

I_{max} – максимальный расчетный натяг между резьбой и элементами уплотнения, принятый на основании диаметров ниппельного и раструбного элементов и предельных отклонений;

I_{min} – минимальный расчетный натяг между резьбой и элементами уплотнения, принятый на основании диаметров ниппельного и раструбного элементов и предельных отклонений;

I_{range} – диапазон расчетного натяга между резьбой и элементами уплотнения, равный $I_{max} - I_{min}$;

K_{nc} – коэффициент масштабирования для трубы, стойкой к наружному сминающему давлению;

K_{temp} – коэффициент масштабирования для предела текучести при повышенной температуре;

K_{wall} – коэффициент, учитывающий установленное предельное отклонение толщины стенки трубы (равный 0,875 для предельного отклонения минус 12,5 %);

L_A – длина ниппельного элемента А от торца муфты (или торца раструбного элемента) до торцевой заглушки или захвата;

L_B – длина ниппельного элемента В от торца муфты (или торца раструбного элемента) до торцевой заглушки или захвата;

L_C – длина муфты или раструбного соединения, если они неразъемные;

L_D – длина от торца неразъемного раструбного элемента до плоскости измерения участка 5 на патрубке А;

L_{MA} – длина между плоскостями измерения участков 1 и 5 на патрубке А;

L_{MB} – длина между плоскостями измерения участков 1 и 5 на патрубке В;

L_{pj} – минимальная межопорная длина элемента резьбового соединения;

P_d – давление на эталонные границы трубы при нулевой осевой нагрузке (одноосевое внутреннее давление);

p_c – давление смятия по API для номинального наружного диаметра, толщины стенки и минимального предела текучести (см. ISO 10400 или [1]);

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который касается сопротивления наружному давлению.

p_i – внутреннее давление;

p_{ib} – внутреннее давление с изгибающей нагрузкой;

p_o – наружное испытательное давление;

q_{ac} – фактическая утечка, фиксируемая в отчете;

q_o – наблюдаемая утечка;

R – радиус кривизны оси тела трубы;

T – осевое усилие растяжения;

t – номинальная толщина стенки трубы;

t_{avg} – измеренная средняя толщина стенки испытательного образца;

t_{min} – минимальная толщина стенки трубы;

η_{lds} – эффективность системы выявления утечек;

σ – напряжение;

σ_a – составляющая осевого напряжения, не вызванная изгибом;

σ_{ab} – осевое напряжение с изгибом;

σ_b – составляющая осевого напряжения, вызванная изгибом;

σ_c – предел текучести в осевом направлении при сжатии (при наличии), в обратном случае предел текучести в осевом направлении при растяжении;

σ_e – эквивалентное напряжение;

σ_h – окружное (тангенциальное) напряжение;

σ_{ho} – окружное (тангенциальное) напряжение по наружному диаметру;

σ_r – радиальное (нормальное) напряжение;

σ_{ro} – радиальное (нормальное) напряжение по наружному диаметру;

σ_t – предел текучести в поперечном направлении при растяжении (при наличии), в обратном случае предел текучести в осевом направлении при растяжении;

σ_{tc} – установленный предел текучести в поперечном направлении при сжатии (при наличии), в обратном случае предел текучести в осевом направлении при растяжении;

σ_y – предел текучести в осевом направлении при растяжении.

ДА.4 Общие требования

ДА.4.1 Общая информация

Настоящее приложение состоит из следующих основных частей:

а) в разделах ДА.4 – ДА.8 приводятся требования и процедуры по проведению испытаний, основанные на данных о резьбовых соединениях, поставляемых изготовителем;

- b) в приложении ДА.А приводятся требования для листа спецификаций на резьбовые соединения изготовителя и информационные листы испытательных образцов;
- c) приложение ДА.В включает в себя формы, необходимые для представления данных, собранных во время испытаний;
- d) в приложении ДА.С приводится информация, требуемая для представления в полном протоколе испытаний (также см. раздел ДА.9);
- e) в приложении ДА.Д приводится методология расчета и примеры эталонных границ трубы, TLE, и точки приложения испытательной нагрузки;
- f) в приложении ДА.Е приводится пример калибровки нагрузочного устройства;
- g) в приложении ДА.Ф приводятся рекомендации по оценке группы резьбовых соединений;
- h) в приложении ДА.Г приводятся рекомендации по дополнительным испытаниям, которые можно использовать в специальных сферах применения.

ДА.4.2 Схемы испытания резьбовых соединений

Схемы испытаний резьбовых соединений для каждого образца изображены на рисунках, на которых определены варианты испытаний. Характеристика образца (см. рисунок ДА.1), эталонные границы тела трубы и СЕЕ (см. рисунок ДА.2), TLE и схемы испытательных нагрузок (см. рисунок ДА.3) разрабатываются индивидуально для каждого испытательного образца. Характеристики материала см. в ДА.5.5. Для эталонных границ тела трубы, СЕЕ, TLE и для определения схемы испытательных нагрузок см. ДА.7.3.

П р и м е ч а н и е – Настоящий раздел предполагает, что муфта или раструбный конец не являются слабыми элементами соединительного узла.

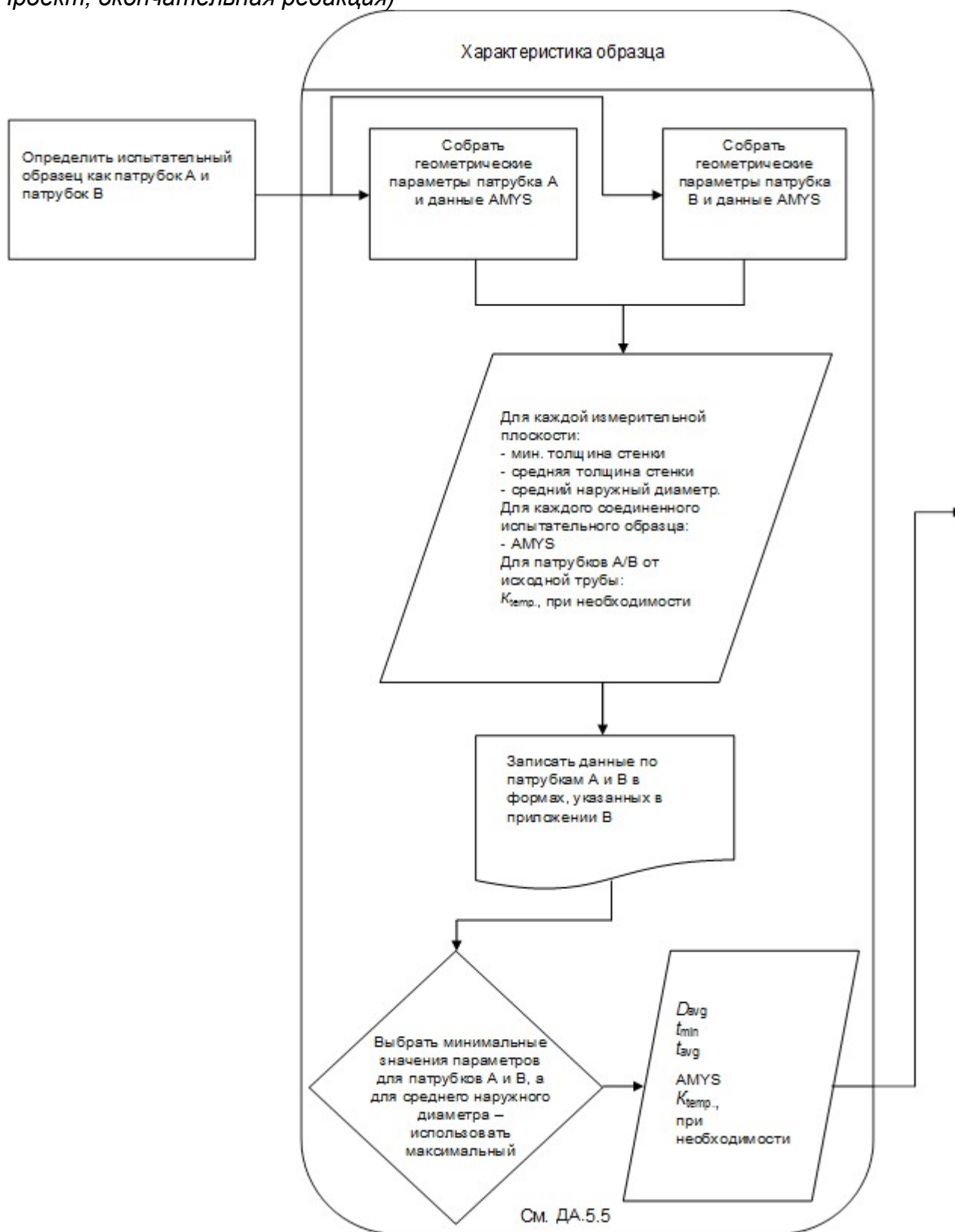


Рисунок ДА.1 – Схема по определению исходных параметров, используемых для создания эталонных границ тела трубы для испытательного образца

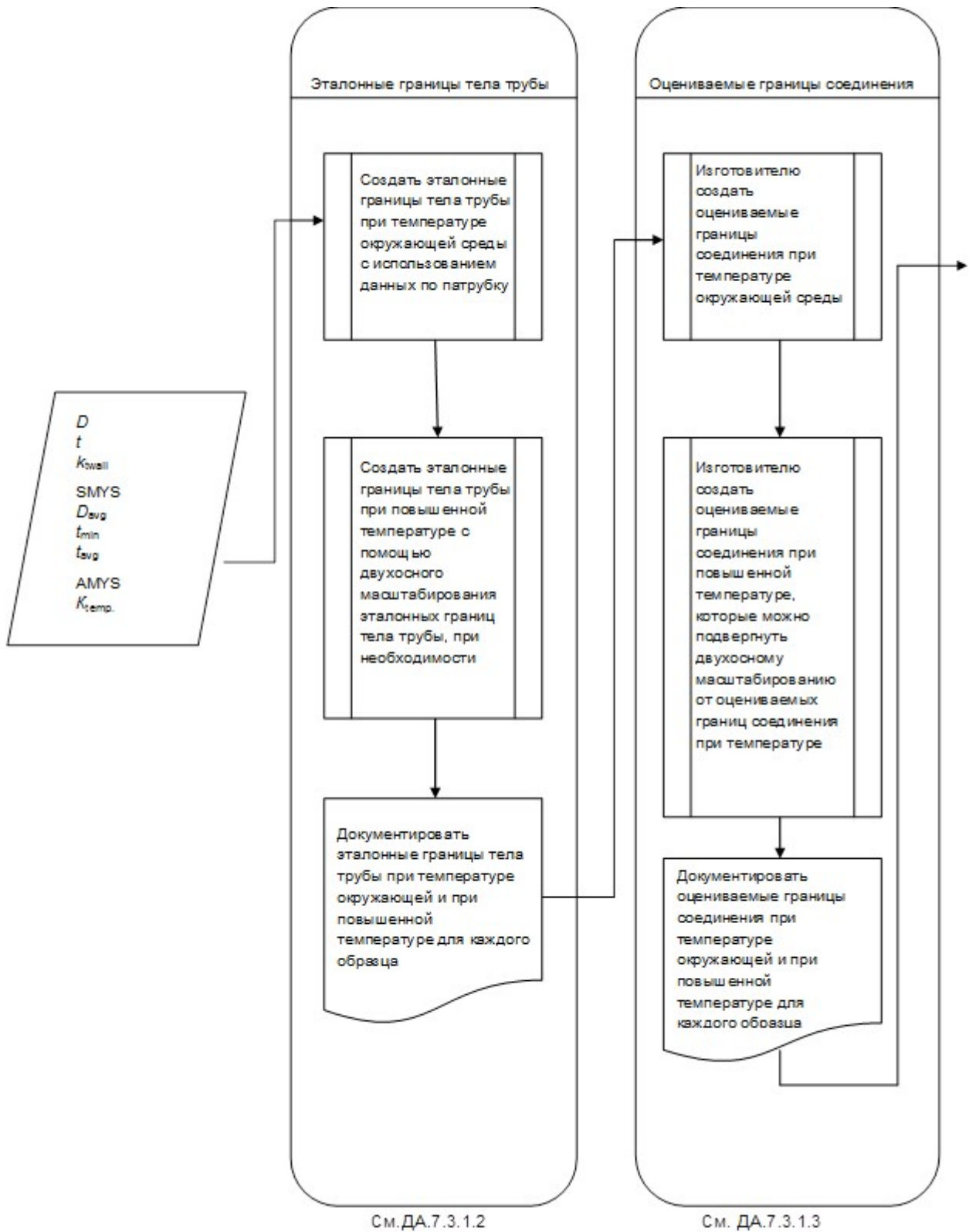


Рисунок ДА.2 – Схема по определению эталонных границ тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре, и оцениваемых границ резьбового соединения для испытательного образца

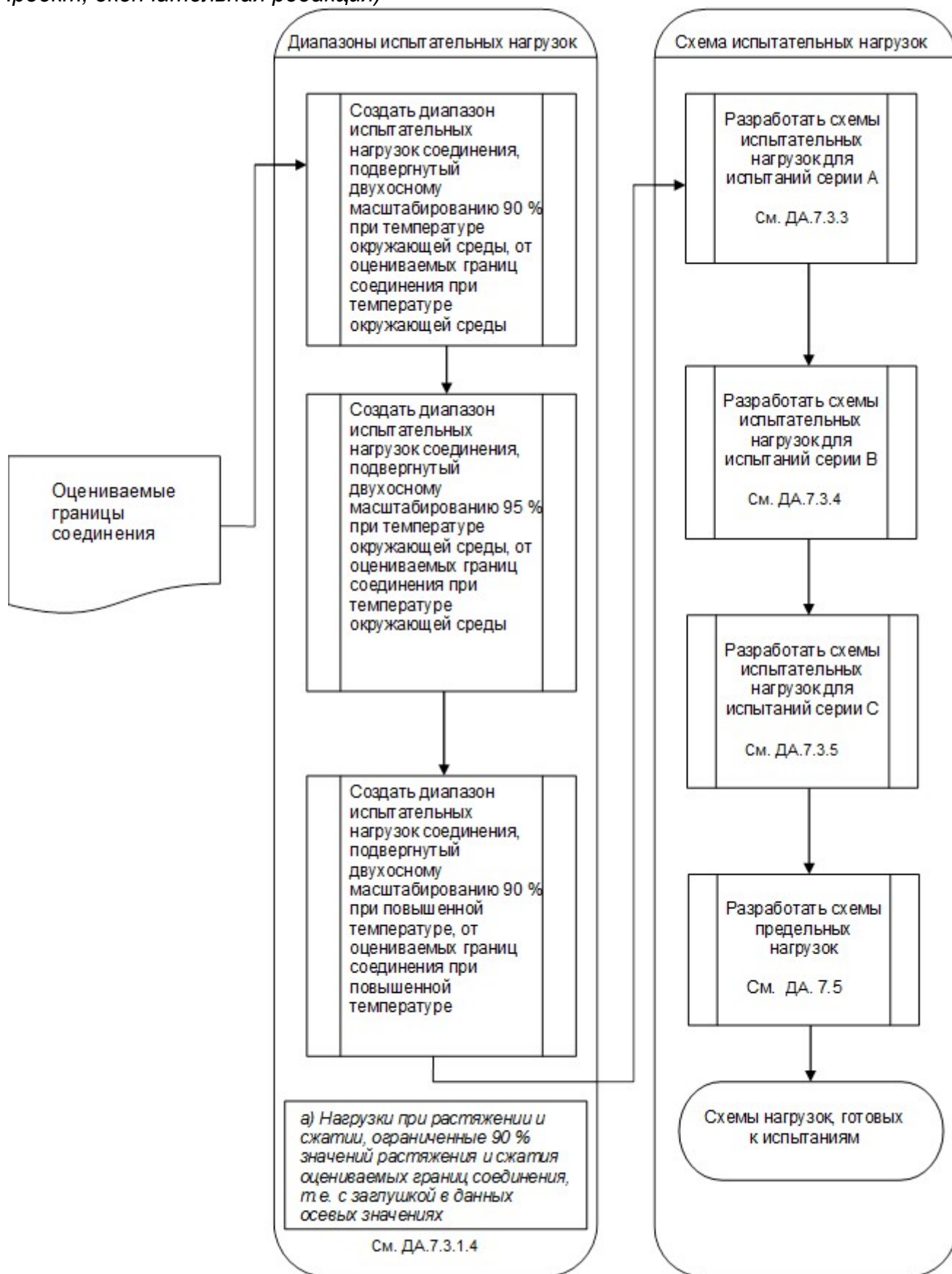


Рисунок ДА.3 – Схема по определению диапазона испытательных нагрузок при температуре окружающей среды и повышенной температуре и схемы испытательных нагрузок для испытательного образца

ДА.4.3 Лист спецификаций на резьбовое соединение и информационный лист на испытательный образец

Перед началом испытаний изготовитель должен представить план испытаний. План испытаний должен содержать спецификацию с указанием предполагаемого уровня применения резьбового соединения и эксплуатационные характеристики резьбового соединения. Изготовитель должен представить чертеж площади поперечного сечения резьбового соединения, техническую документацию, необходимую для изготовления и контроля, а также параметры свинчивания резьбового соединения и процедуры по ремонту. Дополнительно, изготовитель должен определить особые характеристики тела трубы, например, 90 % минимальную номинальную стенку, стойкость к наружному сминающему давлению, или контролируемый предел текучести, которые требуются для оценки резьбового соединения.

Для каждого испытательного образца изготовитель должен представить информационный лист на испытательный образец, а также следующие изображения в двухмерной графической форме, как при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре:

- а) эталонные границы тела трубы (пространственное изображение с соответствующими кривыми смятия);
- б) СЕЕ (диапазон оценки резьбового соединения – оцениваемые границы резьбового соединения, в тех же осях и масштабе, что и эталонные границы тела трубы);
- с) TLE (диапазон испытательных нагрузок).

Собственный метод расчета, применяемый изготовителем, следует использовать для получения СЕЕ. СЕЕ должен включать требуемые точки СЕЕ, указанные в таблице ДА.7. Эксплуатационные характеристики можно использовать для определения СЕЕ. Диапазон испытательных нагрузок следует подвергнуть двухосному масштабированию в процентном выражении (80 %, 90 %, 95 % или 100 %, в зависимости от того, что применяется), СЕЕ должен включать требуемые точки приложения нагрузки, указанные в таблице ДА.7, и использоваться для расчета в схемах испытательных нагрузок.

Изготовитель должен определить предельные нагрузки для каждого резьбового соединения (см. ДА.7.4 и ДА.7.5).

При расчете эталонных границ работоспособности тела трубы и резьбового соединения цель настоящего стандарта заключается в том, чтобы испытание образца резьбового соединения проводилось по возможности при наиболее высокой нагрузке или комбинации нагрузок, допустимых с точки зрения безопасности.

ДА.4.4 Контроль качества

Все процедуры контроля качества при изготовлении испытательных образцов резьбовых соединений должны быть документированы и должны соответствовать процедурам, используемым при изготовлении резьбовых соединений для реальной эксплуатации в скважине. Изготовитель должен обеспечить изготовление резьбовых соединений для испытаний по настоящему стандарту той же конструкции, с теми же размерами и предельными отклонениями размеров (см. ДА.6.5), что и резьбовые соединения для реальной эксплуатации в скважине. Изготовитель резьбовых соединений должен оформить сертификат соответствия и разработать план контроля технологического процесса, включающий номер процедуры и номер чертежа, а также уровни пересмотра всех вторичных документов (на изготовление, калибровку измерительного инструмента, процедуру измерения, поверхностную обработку, резьбовую смазку и свинчивание). В процессе изготовления испытательных образцов резьбовых соединений должны применяться эти процедуры и любые другие, которые необходимы для обеспечения соответствия продукции требованиям эксплуатации в полевых условиях (см. ДА.А.1.6).

ДА.4.5 Безопасность стендовых испытаний

При проведении испытаний по настоящему стандарту могут применяться нагрузки, близкие к фактическому диапазону предела текучести для испытательного образца. Испытания могут привести к выходу из строя испытательного образца или отказу оборудования.

В целях безопасности, следует принимать во внимание следующее:

а) специальные вкладыши:

- 1) испытательные образцы, подвергаемые внутреннему давлению, должны иметь специальные вкладыши для снижения объема газообразной испытательной среды внутри образца в целях повышения безопасности процесса испытаний;
- 2) специальные вкладыши должны быть непроницаемыми для испытательной среды, находящейся под давлением (газа или жидкости) и не должны захватывать или задерживать эту испытательную среду. Специальные вкладыши должны быть рассчитаны таким образом, чтобы значительно уменьшить внутренний объем образца, но не должны приводить к механическому взаимодействию с образцом, если образец деформируется во время проведения испытаний;
- 3) специальные вкладыши, расположенные в пределах резьбового

соединения испытательного образца, должны быть радиально позиционированы таким образом, чтобы обеспечить минимальный контакт с внутренним диаметром резьбового соединения (D_i). Специальные вкладыши должны доходить (не контактируя с внутренним диаметром резьбового соединения), как минимум, до половины диаметра трубы за пределами торца муфты и конца ниппеля для неразъемного соединения, или за пределы торца обоих концов муфты для муфтового соединения, и центрированы по длине резьбового соединения;

b) защитная оболочка испытательного образца:

1) нагрузочные устройства и сосуды под давлением должны иметь достаточное количество защитных оболочек, чтобы сдерживать утечки жидкости или газа под высоким давлением, возникающих в результате испытаний или разрушения испытательного образца;

2) испытание на выявление утечек под наружным давлением при повышенной температуре должно проходить в закрытой системе, чтобы предотвратить утечки горячей жидкости;

3) испытания в квадрантах II и III потенциально имеют высокое напряжение при сжатии, которое может привести к повреждению нагрузочного устройства. Рекомендуется использовать противоударное оборудование;

c) испытательная среда:

1) во время испытаний при повышенных температурах для минимизации возможности возникновения пожара следует использовать негорючие материалы, жидкости с температурами возгорания, превышающими предельные температуры испытаний, а также термостойкие материалы;

2) во время испытаний на предельную нагрузку испытательная среда должны быть жидкой;

d) пожарная безопасность: для испытательного оборудования должны быть разработаны правила техники безопасности, которые описывают действия в случае пожара.

ДА.5 Общие требования к испытаниям

ДА.5.1 Программы испытаний

ДА.5.1.1 Общие положения

Данные о работоспособности резьбовых соединений получают в ходе испытаний. Устанавливают четыре программы испытаний или 4 уровня оценки резьбовых соединений (CALs). Разрабатывают все более сложные программы испытаний, соответствующие возрастающим механическим нагрузкам при эксплуатации резьбовых соединений. Повышение сложности испытаний по разным программам достигается путем увеличения числа испытываемых характеристик и числа испытательных образцов резьбового соединения.

Приложение испытательных нагрузок в каждом из четырех квадрантов (QI, QII, QIII и QIV) определяет эксплуатационные характеристики резьбового соединения, зависящие от варианта действия нагрузок. Способ испытаний в четырех квадрантах предназначен для того, чтобы сделать программу испытаний более эффективной; однако, программа может не отражать нагрузку на отдельное резьбовое соединение. Это связано с тем, что ни одно резьбовое соединение, используемое в колонне обсадных или насосно-компрессорных труб, не будет испытывать высоких эксплуатационных нагрузок как в верхней, так и в нижней части колонны. Программы испытаний, которые применяют реальные комбинации нагрузок, учитывающие эксплуатацию отдельно в верхней или в нижней части колонн, могут представить более достоверные результаты испытаний для определения эксплуатационных характеристик резьбовых соединений в тех случаях, где на резьбовые соединения влияет эта зависимость от варианта действия нагрузки. При применении настоящего стандарта необходимо применять надлежащую техническую оценку при разработке и применении указанных программ испытаний, а также при оценке результатов испытаний.

Программы испытаний не охватывают все возможные условия эксплуатации. Например, не рассматривается присутствие коррозионной среды, которая может существенно повлиять на работоспособность резьбового соединения.

При применении настоящего стандарта следует установить требуемый уровень оценки резьбового соединения, исходя из конкретных требований эксплуатации. Специалисты, использующие резьбовое соединение, должны знать установленный уровень его оценки, диапазон испытательных нагрузок и предельные нагрузки.

Установлены следующие уровни оценки резьбовых соединений CALs:

а) Уровень оценки резьбового соединения CAL IV (пять образцов) – особо жесткий

уровень.

Условия испытаний CAL IV предусматривают нагружение резьбового соединения циклическими испытательными нагрузками, зависящими от условий эксплуатации, включая внутреннее давление, наружное давление, растяжение, сжатие и изгиб при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. Общее суммарное время выдержки составляет приблизительно 238 ч. Условия испытаний CAL IV подвергают резьбовое соединение интенсивным термическим нагрузкам при повышенной температуре 356 °F (180 °C). Испытания при предельных нагрузках проводят до разрушения в квадрантах I, II, и III диаграммы осевое усилие-давление.

b) Уровень оценки резьбового соединения III (пять образцов) – жесткий уровень.

Как и в случае CAL IV, условия испытаний CAL III предусматривают нагружение резьбового соединения циклическими испытательными нагрузками, зависящими от условий эксплуатации, включая внутреннее давление, наружное давление, растяжение, сжатие и изгиб при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. Условия испытаний CAL III подвергают резьбовое соединение менее серьезным уровням термических циклических нагрузок, чем CAL IV. Общее суммарное время выдержки составляет приблизительно 185 ч. Требования к повышенной температуре соблюдаются при температуре 356 °F (180 °C). Испытания при предельных нагрузках проводят до разрушения в квадрантах I, II и III диаграммы осевое усилие-давление.

c) Уровень оценки резьбового соединения II (три образца) – средний уровень.

Условия испытаний CAL II предусматривают нагружение резьбового соединения циклическими испытательными нагрузками, зависящим от условий эксплуатации, включая внутреннее давление, растяжение, сжатие и изгиб при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. Наружное давление определяют только при температуре окружающей среды при сокращенном количестве циклов. Температура испытаний на внутреннее давление ограничена температурой 275 °F (135 °C). Испытания при предельных нагрузках проводят до разрушения в квадрантах I и II диаграммы осевое усилие-давление. Общее суммарное время выдержки составляет приблизительно 80 ч.

d) Уровень оценки резьбового соединения I (два образца) – легкий уровень.

Условия испытаний CAL I предусматривают испытания при температуре окружающей среды с одним испытательным образцом, при которых используют жидкость или газ в качестве внутренней нагнетательной среды. Подвергают испытаниям на внутреннее давление при растяжении, сжатии и изгибе. Наружное давление определяется при температуре окружающей среды при сокращенном количестве циклов. Испытание при предельных нагрузках проводят до разрушения в квадранте I диаграммы осевое усилие-

ДА.5.1.2 Предыдущие испытания

Испытания для каждого CAL, требуемые настоящим стандартом, более сложные, чем для испытаний, проведенных до введения настоящего стандарта. Ранее испытанные резьбовые соединения должны сохранять уровень оценки CAL и редакцию, по которой они успешно прошли испытания. Использованный протокол испытаний и дата использованного протокола должны быть указаны в акте испытаний (см. приложение ДА.С). Результаты испытаний резьбовых соединений, полученные до введения настоящего стандарта, могут быть использованы в рамках процесса верификации конструкции или преемственности проведенных испытаний.

ДА.5.1.3 Альтернативные испытания и отклонения от условий испытания

Можно выбрать программу альтернативных испытаний для приведения в соответствие с проектными методами заказчика, необходимо рассмотреть дополнительные свойства и характеристики резьбового соединения, или только исследовать характеристики до предела, требуемого для специальной области применения (испытание на «проектные нагрузки»). Программы альтернативных испытаний могут использовать значительную часть настоящего стандарта в качестве основы или могут существенно отличаться. Программы альтернативных испытаний могут соответствовать программам испытаний по настоящему стандарту для оценки пригодности резьбового соединения. Однако программы альтернативных испытаний не считают испытаниями, соответствующими настоящему стандарту, даже если они используют часть данной программы в качестве основы.

Некоторые из программ испытаний по настоящему стандарту могут быть достаточными для подтверждения применимости резьбовых соединений для конкретных условий эксплуатации, без проведения всей программы испытаний. Такие случаи могут иметь место при наличии соответствующего опыта и результатов других испытаний, например, резьбовых соединений другого размера, веса, группы прочности. Допускаются отклонения от установленных программ испытаний при соблюдении следующих условий:

- a) планируемые отклонения заранее оговорены в документации;
- b) отклонения согласованы между заинтересованными сторонами;
- c) отклонения указаны в полном отчете по испытаниям.

Вопросы аттестации серии изделий и использования при этом интерполяции и экстраполяции рассмотрены в приложении ДА.F. По согласованию могут быть установлены более строгие требования к приемке, чувствительности и (или) к представлению расширенных информационных данных.

ДА.5.2 Матрица испытаний

В таблице ДА.1 приведена матрица, связывающая CAL с общим количеством испытательных образцов, их идентификационными номерами и видами проводимых испытаний. На рисунках ДА.4 – ДА.7 приведено графическое представление каждой программы испытаний CAL.

Т а б л и ц а ДА.1 – Матрица испытаний, серии испытаний и идентификационные номера образцов резьбовых соединений

Уровень оценки резьбового соединения (CAL)	Серия А 4 квадранта с механическими циклами (см. ДА.7.3.3)	Серия А QI-QIII Циклы (см. ДА.7.3.3)	Серия В 2 квадранта с механическим и циклами (см. ДА.7.3.4)	Серия С Термические циклы Циклы термического воздействия, нагрузок давления и растяжения (см. ДА.7.3.5)	Температура нагрева и термического цикла	Среда для испытания внутренним давлением (внешняя среда – жидкость)
CAL IV Общее количество образцов для испытаний на герметичность 4	При температуре окружающей среды и при температуре 356 °F (180 °C)	QI при температуре до 150 °F (65 °C) включ. QIII при 356 °F (180 °C)	Требуется изгиб, при температуре окружающей среды и при температуре 356 °F (180 °C)	10 термических циклов с давлением и растяжением 5 механических циклов при температуре до 95 °F (35 °C) включ.	Нагрев 356 °F (180 °C) Испытания 356 °F (180 °C)	Газ
	Образцы 1, 2, 3, 4	Образцы 1, 2, 3, 4	Образцы 1, 2, 3, 4	Образцы 1, 2, 3, 4		
CAL III Общее количество образцов для испытаний на герметичность 4	При температуре окружающей среды и при температуре 356 °F (180 °C)	Не требуется	Требуется изгиб, при температуре окружающей среды и при температуре 356 °F (180 °C)	10 термических циклов с давлением и растяжением 5 механических циклов при температуре до 95 °F (35 °C) включ.	Нагрев 356 °F (180 °C) Испытания 356 °F (180 °C)	Газ
	Образцы 1, 4		Образцы 1, 2, 3, 4	Образцы 1, 4		
CAL II Общее количество образцов для испытаний на герметичность 2	При температуре окружающей среды (укороченные циклы)	Не требуется	Требуется изгиб при температуре окружающей среды и при температуре 275 °F (135 °C)	Не требуется	Нагрев 275 °F (135 °C) Испытания 275 °F (135 °C)	Газ
	Образец 1		Образцы 1, 4			
CAL I Общее количество образцов для испытаний на герметичность 1	При температуре окружающей среды (укороченные циклы)	Не требуется	Требуется изгиб при температуре окружающей среды и при температуре 275 °F (135 °C)	Не требуется	Нагрев 275 °F (135 °C) Только нагрев	Газ или жидкость
	Образец 1		Образец 1			

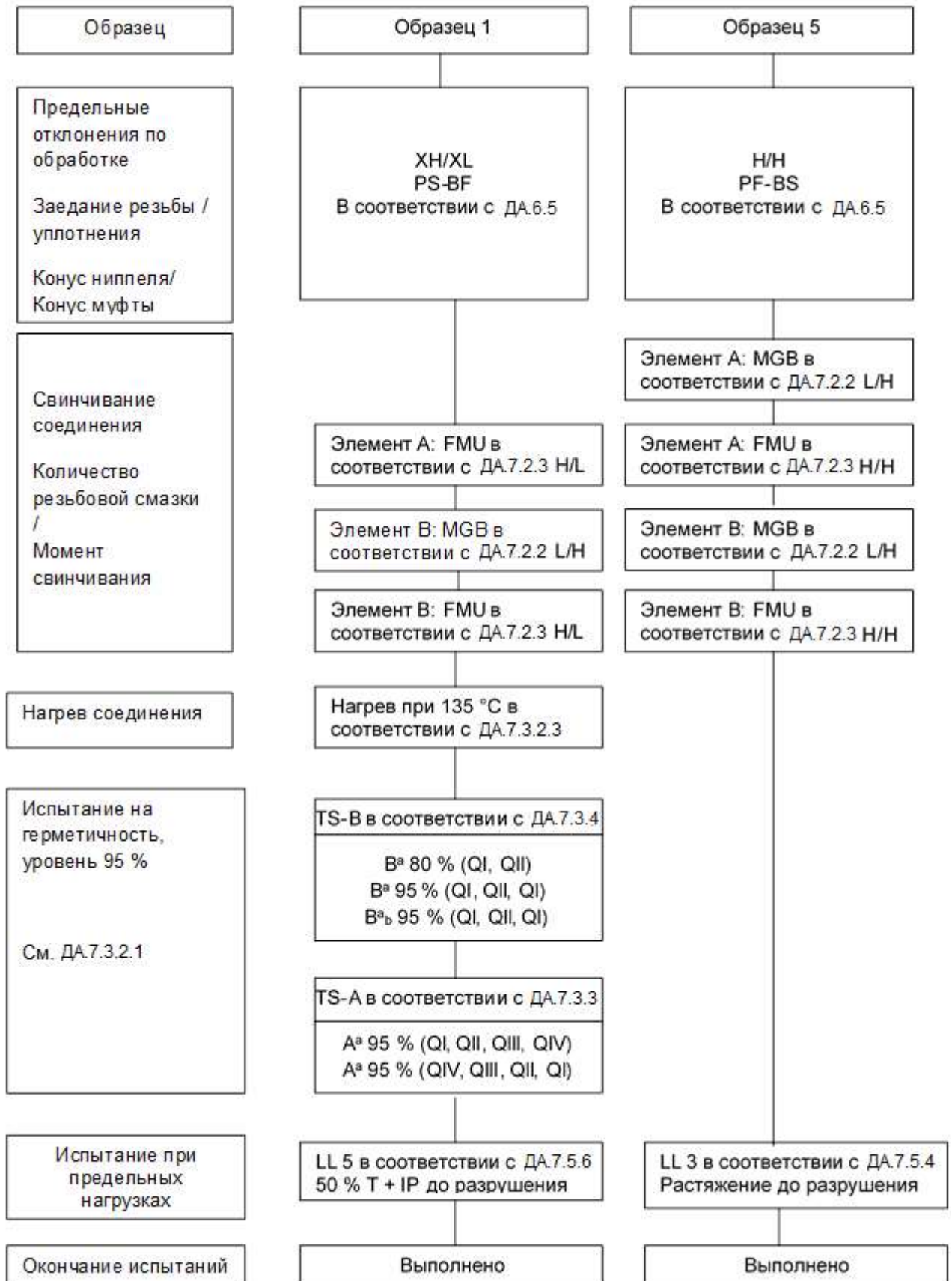


Рисунок ДА.4 – Требования и порядок испытаний CAL I

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

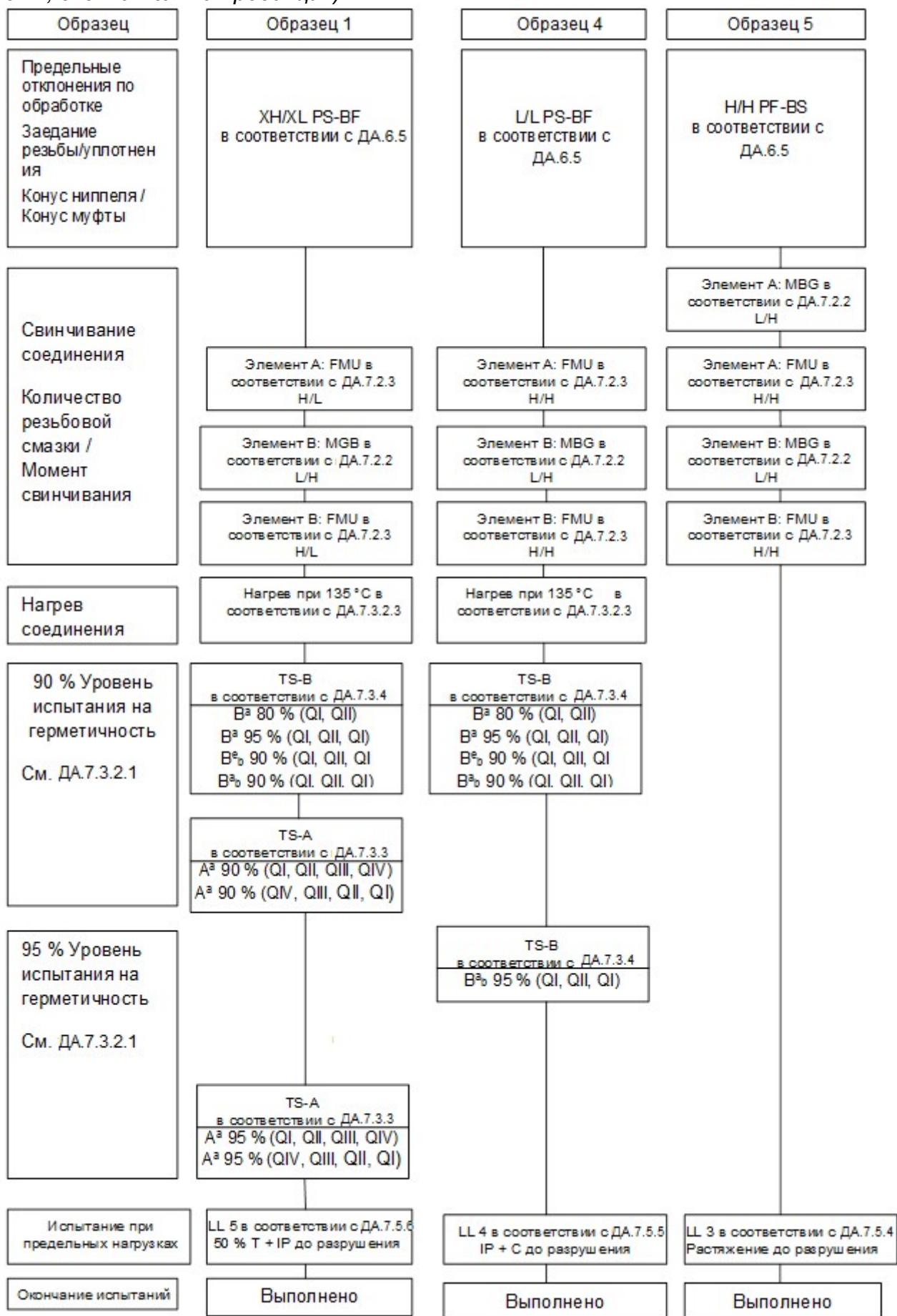


Рисунок ДА.5 – Требования и порядок испытаний CAL II

Образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Предельные отклонения на обработку Заедание резьбы / уплотнения Конус ниппеля / Конус муфты	ХН/ХЛ PS-BF в соответствии с ДА.6.5	ХН/ХЛ PS-BF в соответствии с ДА.6.5	L/H PF-BS в соответствии с ДА.6.5	L/L PS-BF в соответствии с ДА.6.5	H/H PF-BS в соответствии с ДА.6.5
Свинчивание соединения			Элемент А: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 L/H		Элемент А: MBG в соответствии с ДА.7.2.2
Количество резьбовой смазки / Момент свинчивания	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3
	Элемент В: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 L/H			Элемент В: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 L/H	Элемент В: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 L/H
	Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н
Нагрев соединения	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	
90 % Уровень испытания на герметичность См. ДА.7.3.2.1	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	
	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	
	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы А* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) А* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	
95 % Уровень испытания на герметичность См. ДА.7.3.2.1	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Аа 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Аа 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Аа 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Аа 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Аа 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Аа 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Аа 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Аа 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	
Испытание при предельных нагрузках	LL 5 в соответствии с ДА.7.5.6 50 % Т + IP до разрушения	LL 4 в соответствии с ДА.7.5.5 IP + С до разрушения	LL 1 в соответствии с ДА.7.5.2 Высокие IP + Т до разрушения	LL 2 в соответствии с ДА.7.5.3 50 % С + EP до разрушения	LL 3 в соответствии с ДА.7.5.4 Растяжение до разрушения
	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено
Окончание испытаний	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено

Рисунок ДА.6 – Требования и порядок испытаний CAL III

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

Образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Предельные отклонения на мех. обработку Заедание резьбы / уплотнения Конус ниппеля / Конус муфты	XH/XL PS-BF в соответствии с ДА.6.5	XH/XL PS-BF в соответствии с ДА.6.5	L/H PF-BS в соответствии с ДА.6.5	L/L PS-BF в соответствии с ДА.6.5	H/H PF-BS в соответствии с ДА.6.5
Свинчивание соединения Количество резьбовой смазки / Момент свинчивания	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л Элемент В: MGB в соответствии с ДА.7.2.2 Л/Н Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Л	Элемент А: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 Л/Н Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н Элемент В: MGB в соответствии с ДА.7.2.2 Л/Н Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н	Элемент А: MBG в соответствии с ДА.7.2.2 Элемент А: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Элемент В: MGB в соответствии с ДА.7.2.2 Л/Н Элемент В: FMU в соответствии с ДА.7.2.3 Н/Н
Нагрев соединения	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	Нагрев при 180 °С в соответствии с ДА.7.3.2.3	
90 % Уровень испытания на герметичность См. ДА.7.3.2.1	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	TS-B в соответствии с ДА.7.3.4 В* 80 % (QI, QII) В* 95 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI) В* 90 % (QI, QII, QI)	
	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	TS-C в соответствии с ДА.7.3.5 10 тепловых циклов 5 механических	
	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI) 90 % 5 QI – QIII Циклы A* 90 % (QI, QII, QIII, QIV) A* 90 % (QIV, QIII, QII, QI)	
95 % Уровень испытания на герметичность См. ДА.7.3.2.1	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Aa 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Aa 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Aa 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Aa 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Aa 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Aa 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	TS-A в соответствии с ДА.7.3.3 Aa 95 % (QI, QII, QIII, QIV) Aa 95 % (QIV, QIII, QII, QI)	
Испытание при предельных нагрузках	LL 5 в соответствии с ДА.7.5.6 50 % T + IP до разрушения	LL 4 в соответствии с ДА.7.5.5 IP + C до разрушения	LL 1 в соответствии с ДА.7.5.2 Высокие IP + T до разрушения	LL 2 в соответствии с ДА.7.5.3 50 % C + EP до разрушения	LL 3 в соответствии с ДА.7.5.4 Растяжение до разрушения
Окончание испытаний	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено	Выполнено

Рисунок ДА.7 – Требования и порядок испытаний CAL IV

ДА.5.3 Программа испытаний

ДА.5.3.1 Полномасштабные испытания

В соответствии с процедурами, установленными в настоящем стандарте, и программой испытаний проводят комплексные испытания на свинчивание-развинчивание, испытания на определение диапазона испытательных нагрузок, и испытания при предельных нагрузках.

При этом необходимо строго соблюдать указания настоящего стандарта. Если возникают неблагоприятные условия, не предусмотренные настоящим стандартом, то все отклонения от его требований должны быть указаны в протоколе испытаний. Кроме того, необходимо оформить документы с обоснованием того, что результаты испытаний можно считать удовлетворительными.

ДА.5.3.2 Оценка результатов испытаний

ДА.5.3.2.1 Общие положения

Оценка результатов выполнения программы стендовых испытаний в соответствии с разделом ДА.8 проводится, как указано в ДА.5.3.2.1 – ДА.5.3.2.4.

ДА.5.3.2.2 Результаты испытаний, соответствующие устанавливаемому CAL

Если результаты соответствуют требованиям настоящего стандарта к испытаниям на свинчивание-развинчивание, на определение диапазона испытательных нагрузок TLE и испытаниям при предельных нагрузках, то резьбовое соединение установленного размера и группы прочности (т.е. из материала с установленным минимальным пределом текучести (SMYS) и установленным химическим составом) считается соответствующим устанавливаемому CAL.

Если каждое испытание на герметичность, проведенное при уровне 90 %, проходит успешно, следует провести испытания на герметичность при уровне 95 %. Если испытания на герметичность, проведенные при уровне 95 %, не успешны, то резьбовые соединения считают соответствующими установленному уровню оценки испытаний на герметичность при уровне 90 %. Если каждое из испытаний на герметичность успешно прошло при уровнях 90 % и 95 %, резьбовое соединение считают соответствующим установленному уровню оценки испытаний на герметичность при уровне 95 %. Требования к испытаниям и порядок испытаний приведены на рисунках ДА.1 – ДА.4.

Для испытаний при предельных нагрузках есть критерии завершения испытания, определенные в ДА.7.4.2. Предельные нагрузки при завершении испытаний следует сравнить с прогнозируемой разрушающей нагрузкой, рассчитанной изготовителем, как

указано в ДА.А.15. Предельные нагрузки должны превышать СЕЕ. Если предельная нагрузка не превышает СЕЕ, СЕЕ может быть пересмотрен таким образом, чтобы результирующий СЕЕ был меньше результатов предельных нагрузок, а дальнейшее испытание не потребовалось. Если испытательный образец, проваливший испытания на герметичность при уровне 90 % или 95 %, не позволяет продолжить испытания при предельных нагрузках, то для завершения испытаний на предельные нагрузки следует изготовить замещающий испытательный образец. Для замещающего испытательного образца следует использовать окончательное свинчивание (FMU) и нагрев образца, однако испытания на герметичность не требуются перед испытаниями на предельные нагрузки.

ДА.5.3.2.3 Результаты испытаний, не соответствующие устанавливаемому CAL

Если результаты испытаний не соответствуют требованиям испытаний TLE, то результаты следует оценить с целью:

- 1) пересмотра конструкции резьбового соединения с последующим полным повторным испытанием;
- 2) снижения СЕЕ, с последующим повторным испытанием всех испытательных образцов резьбового соединения, которые не соответствуют требованиям большего СЕЕ.

В случае неисправности испытательного оборудования или нарушения условий испытаний, не связанных с конструкцией резьбового соединения, нет необходимости в пересмотре конструкции резьбового соединения, пересмотре СЕЕ или пересмотре предельных нагрузок, однако испытательные образцы или замещающие испытательные образцы следует подвергнуть полным повторным испытаниям. Любое событие, не соответствующее критериям приемки, необходимо указать в протоколе испытаний. Количество повторных испытаний и необходимость повторных испытаний должны быть указаны в протоколе испытаний.

ДА.5.3.2.4 Протокол результатов испытаний

Результаты каждого испытания следует заносить в протокол в соответствии с разделом ДА.9. Все утечки из резьбового соединения, произошедшие при удержании диапазона испытательных нагрузок TLE или на оборудовании, независимо от объема или скорости, должны быть указаны в информационных листах и на графиках давления. При изменении нагрузки изменения смещения могут показывать изменение объема, а не утечки. Необходимо зафиксировать уровни смещения до и после изменений нагрузок.

ДА.5.4 Требования к калибровке и аккредитации

ДА.5.4.1 Аккредитация

Лаборатория, проводящая испытания по настоящему стандарту, должна быть:

- а) либо аккредитована национальной или международной аккредитационной организацией;
- б) либо полностью соответствовать требованиям, приведенным в ДА.5.4.2 – ДА.5.4.5.

ДА.5.4.2 Калибровка оборудования

До начала испытаний необходимо убедиться, что все нагрузочные устройства, которые будут использованы в ходе испытаний, имеют калибровку, соответствующую нормативной документации. Исходя из опыта изготовителя резьбовых соединений или испытательной лаборатории, необходимо также периодически проводить калибровку измерительной и регистрирующей аппаратуры, такой как манометры и термопары. Эталоны испытательной лаборатории, используемые для калибровки, и каждая калибровка должны быть документированы. Копии протоколов о текущих калибровках нагрузочного устройства, приборов давления и устройства для измерения крутящего момента должны быть включены в подробный протокол испытаний.

Допускается проведение калибровки в ходе испытаний, исходя из требуемых испытательных нагрузок и накопленного опыта использования оборудования.

Испытательная лаборатория должна иметь процедуру, обеспечивающую точность показаний температуры термопары.

ДА.5.4.3 Ежегодная калибровка нагрузочного устройства

Каждое нагрузочное устройство, используемое для испытаний на осевую или комбинированную нагрузку, необходимо ежегодно подвергать калибровке в режимах растяжения и сжатия, при помощи приборов (например, датчиков нагрузки), соответствующих нормативной документации.

Калибровка должна состоять из двух этапов, включающих, по крайней мере, 10 равных приращений нагрузки, начиная от минимальной калибровочной нагрузки до максимальной калибровочной нагрузки, т.е. охватывающей весь интервал нагружения. Интервал калибровки нагрузочного устройства должен перекрывать интервал нагрузок, которые будут использованы по программе испытаний. Максимальная калибровочная нагрузка устройства должна превышать наибольшую разрушающую нагрузку труб и резьбовых соединений, подлежащих испытанию.

Абсолютную погрешность E_r и относительную погрешность E_{rp} калибровки нагрузочного устройства находят по следующим формулам:

$$E_r = F_i - F_f, \quad (\text{ДА.1})$$

$$E_{\text{гр}} = 100 \frac{E_r}{F_f}, \quad (\text{ДА.2})$$

где F_i – номинальное осевое усилие растяжения или сжатия;

F_f – фактическое осевое усилие растяжения или сжатия.

Относительная погрешность калибровки для всех нагрузок в рабочем интервале нагрузочного устройства (как минимум от 10 % до 100 % прочности на растяжение-сжатие) не должна превышать $\pm 1,0$ % (см. пример в приложении ДА.Е).

ДА.5.4.4 Поверка нагрузочного устройства

В том случае, если нагрузочное устройство подвергается воздействию высокой нагрузки, например нагрузки, выходящей за интервал калибровки, или нагрузки, которая может нарушить калибровку устройства, рекомендуется проверить соответствие калибровки нагрузочного устройства с использованием поверенных и аттестованных калибровочных стержней. Данный калибровочный стержень должен соответствовать требованиям нормативной документации и сертифицироваться один раз в три года. Вместо использования калибровочного стержня можно также провести полную ежегодную калибровку нагрузочного устройства.

ДА.5.4.5 Калибровка преобразователей давления

Каждый преобразователь давления должен подвергаться ежегодной калибровке. Относительная погрешность измерений давления в нагрузочном интервале не должна превышать $\pm 1,0$ %. Преобразователи давления следует выбирать и использовать на основании отслеживаемого максимального испытательного давления.

ДА.5.5 Характеристика материала

ДА.5.5.1 Общие положения

Для определения предела текучести, необходимого для расчета испытательных нагрузок и критериев приемки, проводят механические испытания материала труб. Трубную заготовку для муфт следует также подвергнуть механическим испытаниям для определения предела текучести. Данные о механических испытаниях труб и трубных заготовок для муфт следует рассматривать при определении СЕЕ каждого испытательного образца.

Механические свойства трубы и трубной заготовки для муфт должны быть определены по документированной процедуре, соответствующей стандарту на изделие. Обычно это ISO 11960 на изделия из низколегированных сталей или ISO 13680 на изделия из коррозионностойких сталей (CRAs). Для резьбовых соединений нефтегазопроводных труб документированная процедура должна соответствовать требованиям ISO 3183.

Данные о свойствах материала необходимо зафиксировать в информационном листе, см. рисунок ДА.В.3.

Испытания на растяжение продольных образцов при температуре окружающей среды проводят в соответствии с ISO 11960 и [2], при повышенных температурах по [3].

Модуль упругости определяют в соответствии с ISO 10400 или [1]. Для отдельных материалов модуль упругости можно определить при температуре окружающей среды и при повышенных температурах по [4].

Следует измерить толщину стенки каждой трубы и установить минимальную толщину стенки и среднюю минимальную толщину стенки. Установленные значения следует использовать для расчета эталонных границ тела трубы для каждого испытательного образца (см. ДА.5.5.3 и рисунок ДА.В.5).

Следует измерить наружный диаметр каждой трубы и установить максимальный средний наружный диаметр. Установленные значения следует использовать для расчета эталонных границ тела трубы каждого испытательного образца (см. ДА.5.5.2 и рисунок ДА.В.5).

Следует измерить наружный диаметр трубной заготовки для муфт, и установить для каждой из них минимальный наружный диаметр и средний наружный диаметр (см. ДА.5.5.3 и рисунок ДА.В.5).

ДА.5.5.2 Испытания для определения свойств материала

ДА.5.5.2.1 Образцы для испытания материала

Образцы для испытания материала MTs вырезают из обоих концов труб и трубных заготовок для муфт. MTs и результаты испытаний должны прослеживаться до исходных труб и места отбора образцов.

Рекомендуемая схема отбора образцов показана на рисунке ДА.В.1. Образцы, находящиеся рядом с испытательным резьбовым соединением, следует использовать для определения предела текучести при температуре окружающей среды (см. ДА.5.5.2.5). Дополнительно, как минимум, один из MTs от каждой исходной трубы или трубной заготовки для муфт необходимо использовать для определения соответствующего коэффициента масштабирования при повышенной температуре (см. ДА.5.5.2.6).

MTs должны прослеживаться до исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт и осевого расположения в пределах трубы.

ДА.5.5.2.2 Продольные образцы для испытаний на растяжение

Испытания для определения свойств материала при растяжении следует

проводить на продольных образцах, вырезанных из МТs.

Отбор продольных образцов для испытаний на растяжение из каждого МТ проводят следующим образом:

а) изготавливают, как минимум, четыре образца для определения предела текучести при температуре окружающей среды (см. ДА.5.5.2.5). Продольные образцы для испытаний на растяжение должны быть полноразмерными плоскими образцами из стенки трубы, однако если полноразмерные плоские образцы превышают пределы возможности испытательного оборудования, тогда можно использовать цилиндрические образцы;

б) изготавливают, как минимум, четыре образца для испытаний при температуре окружающей среды и, как минимум, четыре образца для испытаний при повышенных температурах для определения коэффициента масштабирования при повышенных температурах (см. ДА.5.5.2.6). Геометрические параметры образца должны быть одинаковы как для испытания при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре. Цилиндрические образцы для испытаний на растяжение являются наиболее предпочтительными, их рекомендуют использовать в соответствии с ISO 11960 и [2].

Как минимум, один продольный образец для испытаний на растяжение следует отобрать с каждого квадранта МТ. Местоположения продольных образцов по окружности для испытания на растяжение при температуре окружающей среды и при повышенной температуре в пределах каждого МТ должны быть смежными (насколько это практически возможно).

Продольные образцы для испытаний на растяжение и результаты испытаний свойств материала должны иметь прослеживаемость с МТ. Местоположения по окружности отобранных продольных образцов для испытаний на растяжение при температуре окружающей среды и при повышенной температуре (если они проводятся) из МТ, должны быть указаны в информационном листе о свойствах материала, см. рисунок ДА.В.3.

На рисунке ДА.В.1 указаны границы материала, находящегося в непосредственной близости с резьбовым соединением каждого испытательного образца из патрубка или испытательной муфты. Если испытательные образцы из патрубков, испытательных муфт, или образцы МТ не вырезают, как показано на рисунке ДА.В.1, то изготовитель должен внести изменения в информационный лист о свойствах материала, как показано на рисунке ДА.В.3, и должен представить схематический чертеж, аналогичный рисунку ДА.В.1, с указанием фактических местоположений.

Для подтверждения того, что достаточное количество труб и трубных заготовок для муфт испытано и что механические свойства соответствуют требованиям, указанным в настоящем стандарте, см. ДА.6.3.3.

ДА.5.5.2.3 Поперечные образцы для испытаний на растяжение и сжатие

Если материал образца проявляет анизотропию прочности (например, подвергнутые холодной деформации CRA), для характеристики анизотропии можно провести испытания. Если имеются данные испытаний на анизотропию, относящиеся к конкретному технологическому процессу, группе прочности материала и размеру, по согласованию с заказчиком эти данные могут использоваться вместо испытаний. Указанные изменения должны быть задокументированы в протоколе испытаний.

Если испытания проводятся для определения анизотропии, следует определить значения предела текучести при осевом сжатии, осевом растяжении и при растяжении на поперечных образцах.

Отбор испытательных образцов из МТ производят следующим образом:

а) для определения коэффициента масштабирования осевого растяжения на поперечных образцах при температуре окружающей среды изготавливают, как минимум, четыре продольных образца и четыре поперечных образца (см. ДА.5.5.2.7). Геометрические параметры образца должны быть одинаковы как для продольных, так и для поперечных образцов. Цилиндрические образцы для испытаний на растяжение являются наиболее предпочтительными, и должны иметь наибольший фактический размер в соответствии с ISO 11960 и [2];

б) для определения коэффициента масштабирования осевого сжатия при температуре окружающей среды изготавливают, как минимум, четыре продольных образца для испытаний на растяжение и четыре продольных образца на сжатие (см. ДА.5.5.2.7). Испытания на сжатие при температуре окружающей среды проводят в соответствии с [5].

При выполнении испытаний на растяжение или сжатие, изготовитель должен документировать процедуру (в протоколе испытаний), с детальным описанием мест отбора проб, геометрических характеристик испытательных образцов и параметров испытаний. Минимальные значения предела текучести для данных испытаний используют для определения СЕЕ при условии, что они зафиксированы в протоколе испытаний.

ДА.5.5.2.4 Минимальный объем испытаний

ДА.5.5.2.4.1 Испытания для определения свойств материала

Для определения свойств материала должно отбираться:

а) минимум четыре продольных образца с каждого МТ для испытаний на растяжение (один с каждого квадранта) при температуре окружающей среды.

Минимум четыре продольных образца для испытаний на растяжение (один с каждого квадранта) и одного из МТs из середины 50 % исходной трубы подвергают испытаниям при повышенной температуре;

б) для испытаний на растяжение при температуре окружающей среды скорость растяжения должна быть не более 0,005 дюймов/дюйм/мин (0,127 мм/мм/мин);

с) для испытаний на растяжение при повышенной температуре скорость растяжения должна быть не более 0,003 дюйма/дюйм/мин (0,076 мм/мм/мин).

ДА.5.5.2.4.2 Испытания при повышенной температуре

При испытаниях при повышенной температуре должны применяться следующие температуры:

а) для CAL II: 302 °F (150 °C), 0 °F / минус 9 °F (0 °C / минус 5 °C);

б) для CAL III и CAL IV: 383 °F (195 °C), 0 °F / минус 9 °F (0 °C / минус 5 °C).

ДА.5.5.2.4.3 Протокол испытаний на растяжение

В протокол испытаний на растяжение включают следующее:

а) полученную кривую напряжение-деформация от нулевой деформации до деформации не менее 2 % или до разрушения образца, в зависимости от того, что произойдет раньше;

б) предел текучести, определенный в соответствии с нормативной документацией, для материалов и групп прочности, соответствующих ISO 11960, ISO 13680 или ISO 3183. Дополнительно включают условный предел текучести 0,2 %;

с) предел прочности;

д) общее удлинение.

Требования к протоколу испытаний приведены в ДА.С.2 (раздел 3).

ДА.5.5.2.4.4 Требования к мониторингу температуры

Для каждого испытания при температуре окружающей среды необходимо фиксировать температуру. Для каждого испытания при повышенной температуре необходимо зарегистрировать фактическую температуру испытательного образца, определенную при помощи термопары, закрепленной на образце, и включить данные об изменении температуры во времени в протокол испытаний.

ДА.5.5.2.5 Предел текучести материала при температуре окружающей среды

Предел текучести материала при температуре окружающей среды для каждого испытательного образца от патрубка или испытательной муфты устанавливается как минимальный предел текучести материала при температуре окружающей среды

образца МТ, примыкающего к испытательному образцу от патрубка или испытательной муфты.

При испытании продольного образца на растяжение, отобранного от указанного МТ в соответствии с ДА.5.5.2.2, предел текучести материала должен быть установлен как минимальный результат, полученный из испытаний четырех или более образцов. Если имеются результаты испытаний как плоских, так и цилиндрических образцов, для определения предела текучести материала в продольном направлении следует использовать только результаты испытаний плоских образцов. В случае если результат ниже SMYS группы прочности, можно провести два дополнительных испытания на растяжение на одном и том же образце материала с одного и того же квадранта. Если предел текучести одного из дополнительных испытаний ниже SMYS, то данное резьбовое соединение нельзя использовать.

ДА.5.5.2.6 Коэффициент масштабирования при повышенной температуре

Для определения коэффициента масштабирования при повышенной температуре отбирается один МТ, взятый из середины (между 25 % и 75 % общей длины, если измерять с одного конца) исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт.

Коэффициент масштабирования при повышенной температуре для исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт представляет собой соотношение между средним значением предела текучести всех результатов испытаний продольных образцов на растяжение при температуре окружающей среды и средним значением предела текучести всех результатов испытаний для образцов, вырезанных для определения коэффициента масштабирования при повышенной температуре. Результаты испытаний плоских образцов при температуре окружающей среды нельзя использовать для определения коэффициента масштабирования при повышенной температуре. Испытательные образцы, используемые для определения коэффициента масштабирования при повышенной температуре для исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт, должны иметь размер и геометрические характеристики, указанные в ДА.5.5.2.2. Для определения коэффициента масштабирования при повышенной температуре исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт, следует использовать все применимые результаты испытаний образцов на растяжение.

Коэффициент масштабирования при повышенной температуре следует использовать для определения эталонных границ тела трубы при повышенной температуре для каждого испытательного образца, взятого с исходной трубы.

ДА.5.5.2.7 Коэффициент масштабирования анизотропии

Коэффициент масштабирования анизотропии при растяжении поперечных образцов для исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт представляет собой соотношение между средним значением всех результатов испытаний на растяжение поперечных образцов и средним значением всех результатов испытаний на растяжение продольных образцов. Результаты испытаний плоских образцов при температуре окружающей среды нельзя использовать для определения коэффициента масштабирования анизотропии при растяжении поперечных образцов. Испытательные образцы, используемые для коэффициента масштабирования анизотропии при растяжении поперечных образцов должны иметь размер и геометрические характеристики, указанные в ДА.5.5.2.3.

Коэффициент масштабирования анизотропии при сжатии для исходной трубы или исходной трубной заготовки для муфт представляет собой соотношение между средним значением всех результатов испытаний на продольное сжатие и средним значением всех результатов испытаний на растяжение продольных образцов. Для определения коэффициента масштабирования анизотропии при сжатии следует использовать только данные испытаний на растяжение продольных цилиндрических образцов и данные испытаний на сжатие согласно [5] (см. ДА.5.5.2.3).

Коэффициенты масштабирования анизотропии, полученные из предыдущих испытаний, могут быть применены, если это согласовано с заказчиком и подтверждено данными, соответствующими технологическому процессу, группе прочности материала и размеру (см. ДА.5.5.2.3).

Данные коэффициенты масштабирования можно использовать для определения СЕЕ.

ДА.5.5.3 Измерения габаритных размеров материала

ДА.5.5.3.1 Общие положения

Для каждого испытательного образца от патрубка следует измерить и записать габаритные размеры, требуемые для расчета эталонных границ тела трубы (см. рисунок ДА.В.5).

Для каждого испытательного образца от патрубка следует установить пять плоскостей вдоль оси патрубка следующим образом (см. рисунок ДА.В.2):

а) установить плоскость № 1 на расстоянии 3 дюйма (76,2 мм) от конца длины захвата или испытательной заглушки;

б) установить плоскость № 5 на расстоянии 3 дюйма (76,2 мм) от торца с внутренней резьбой (на патрубках с гладкими ниппельными элементами), на расстоянии 3 дюйма (76,2 мм) от конца раструбного элемента резьбового соединения

IJ или на расстоянии 3 дюйма (76,2 мм) от конца промежуточной зоны высаженных ниппельных/раструбных элементов (на раструбных элементах резьбового соединения Integral Joint (IJ) и высаженных ниппельных/раструбных элементах);

с) установить плоскости № 2, № 3 и № 4 на равных промежутках между плоскостью 1 и плоскостью № 5.

В каждой из пяти плоскостей следует найти точку с минимальной толщиной стенки. Далее необходимо отметить точку на патрубке как 0° и записать значение минимальной толщины стенки (см. рисунок ДА.В.5).

В каждой плоскости следует отметить семь дополнительных точек на равных промежутках по окружности патрубка, а именно на 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° и 315°. Далее необходимо измерить и записать толщину стенки в каждой точке на каждой из пяти плоскостей (см. рисунок ДА.В.5).

Изготовитель несет ответственность за измерение и запись размеров, требуемых для определения СЕЕ.

ДА.5.5.3.2 Минимальная толщина стенки

Для каждого испытательного образца от патрубка трубы минимальную толщину стенки определяют как наименьшую из пяти минимальных толщин стенки, измеренных для каждой плоскости измерения (см. рисунок ДА.В.5).

Установленная минимальная толщина стенки для каждого испытательного образца представляет собой наименьшую из минимальных толщин стенки среди двух патрубков. Установленную минимальную толщину стенки испытательного образца следует использовать для расчета кривой фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (см. ДА.7.3.1.2.3).

ДА.5.5.3.3 Минимальная средняя толщина стенки

Для каждого испытательного образца от патрубка трубы среднюю толщину стенки определяют как среднюю из восьми измеренных толщин стенки в каждой из пяти плоскостей измерения (см. рисунок ДА.В.5).

Для каждого испытательного образца от патрубка трубы минимальную среднюю толщину стенки определяют как наименьшую минимальную среднюю толщину стенки среди двух патрубков, определенную в пяти плоскостях измерения (см. рисунок ДА.В.5).

Установленная минимальная средняя толщина стенки для каждого испытательного образца представляет собой наименьшую минимальную среднюю толщину стенки среди двух патрубков. Установленную минимальную среднюю толщину стенки испытательного образца следует использовать для расчета кривой фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре

окружающей среды и кривой фактического смятия по API при температуре окружающей среды (см. ДА.7.3.1.2.3).

ДА.5.5.3.4 Максимальный средний наружный диаметр

Для каждого испытательного образца от патрубка трубы средний наружный диаметр определяют как среднее из четырех измеренных наружных диаметров в каждой из пяти плоскостей измерения (см. рисунок ДА.В.5).

Для каждого испытательного образца от патрубка трубы максимальный средний наружный диаметр определяют как наибольший из пяти средних наружных диаметров в пяти плоскостях измерения. Установленный максимальный средний наружный диаметр для каждого испытательного образца представляет собой наибольший средний наружный диаметр среди двух патрубков.

Установленный максимальный средний наружный диаметр испытательного образца следует использовать для расчета кривой фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды и кривой фактического смятия по API при температуре окружающей среды (см. ДА.7.3.1.2.3).

ДА.5.6 Свинчивание и развинчивание

ДА.5.6.1 Основные положения

Свинчивание и развинчивание резьбового соединения, как и применяемая при испытании резьбовая смазка и обработка поверхности, должны соответствовать рекомендациям по эксплуатации труб.

ДА.5.6.2 Смазка, используемая при свинчивании

П р и м е ч а н и е – Резьбовые смазки, используемые при свинчивании, должны соответствовать требованиям проекта ГОСТ ISO 13678 или ISO 13678 и применяться в соответствии с руководством по эксплуатации.

Изготовитель резьбовых соединений должен указать тип и количество смазки (с допускаемыми отклонениями ± 1 г), наносимой на резьбовое соединение, а также участки для нанесения смазки. Эти характеристики должны быть такими же, как и используемые в полевых условиях. Для всех испытательных образцов резьбового соединения должна использоваться одна и та же смазка. Смазка для нанесения должна быть взята из оригинальной тары в состоянии поставки. Перед каждым нанесением смазку тщательно перемешивают. Рекомендуется указать минимальное и максимальное количество смазки в единицах массы. Удельный вес используемой резьбовой смазки необходимо указать в информационном листе. Изготовитель должен также представить фотографии и описание порядка нанесения смазки. На фотографиях должно быть показано резьбовое соединение с минимальным и максимальным

количеством смазки.

Установлено, что в промышленности имеются резьбовые соединения, обработка поверхности которых не требует резьбовой смазки, и поэтому требования настоящего пункта могут не применяться. Однако для проверки эксплуатационных характеристик необходимо проведение дополнительных испытаний с комбинацией резьбовой смазки и обработкой поверхности.

ДА.5.6.3 Моменты свинчивания

Моменты свинчивания, указанные в ДА.7, представляют собой максимальные или минимальные моменты свинчивания, рекомендуемые изготовителем.

Для высокого заданного момента свинчивания свинчивание испытательных образцов допустимо, если момент свинчивания превышает сумму 80 % максимального момента и 20 % минимального момента, рекомендуемых изготовителем. Для низкого заданного момента свинчивания, свинчивание испытательных образцов допустимо, если момент свинчивания меньше суммы 80 % минимального момента плюс 20 % максимального момента, рекомендуемых изготовителем.

Для любого свинчивания необходимо испытать образцы в серии испытаний, если фактический момент свинчивания меньше минимального момента, рекомендованного изготовителем из-за погрешности испытаний, образец может быть развинчен и повторно свинчен во второй раз, чтобы достигнуть минимального момента, рекомендованного изготовителем. Если при втором свинчивании минимальный момент, рекомендуемый изготовителем не достигнут, то образец можно испытать, как есть, или его следует заменить.

ДА.5.6.4 Свинчивание

Свинчивание всех резьбовых соединений производится в соответствии с настоящим пунктом. Результаты следует занести в форму для регистрации свинчивания и развинчивания образцов, приведенную на рисунке ДА.В.4.

Перед каждым свинчиванием необходимо тщательно очистить и высушить элементы резьбового соединения, взвесить и зарегистрировать количество резьбовой смазки, наносимой на каждый элемент (нипельный и раструбный). Далее следует отслеживать и регистрировать моменты свинчивания и развинчивания на графике зависимости момента от числа оборотов. Разрешающая способность вращения должна быть не менее 0,001 оборота. В полный протокол испытаний включают указанные графики для каждого свинчивания по ДА.7 и для каждого дополнительного свинчивания, если это необходимо (см. ДА.9 и приложение ДА.С). На каждом графике должны быть указаны номер образца, nippleного или раструбного элемента, номер свинчивания,

Для свинчивания используют такие же трубные ключи и плашки (из коррозионностойких сплавов CRA), как и в полевых условиях. Свинчивание должно производиться в вертикальном положении. При свинчивании муфтовых соединений не допускается плавающее положение муфты, т.е. каждая сторона муфты должна свинчиваться отдельно. Все оборудование для свинчивания и, по крайней мере, свинчивание одного резьбового соединения необходимо сфотографировать в процессе свинчивания.

Скорость свинчивания необходимо фиксировать для каждого свинчивания. Свинчивание и развинчивание следует производить при помощи трубных ключей на низшей передаче. При креплении раструбного элемента необходимо контролировать усилие сжатия, чтобы не допустить искажения формы элемента с внутренней резьбой.

Во избежание повреждения ниппельных элементов при проведении свинчивания-развинчивания допускается установка на несвинчиваемый конец элемента специального предохранителя. Специальный предохранитель должен иметь резьбу, совместимую с испытательным образцом, однако достижение предельных отклонений на геометрические размеры не требуется. В качестве альтернативы специальному предохранителю, можно также использовать ниппель, затягиваемый вручную.

Использование тензодатчиков является необязательным (см. ДА.5.9.3).

ДА.5.6.5 Развинчивание

Развинчивание образца резьбового соединения выполняют с помощью того же трубного ключа и тех же устройств, которые использовались при свинчивании, в соответствии с процедурой, разработанной изготовителем и указанной в ДА.5.6.4. Результаты регистрируют в соответствии с рисунком ДА.В.4.

ДА.5.6.6 Ремонт резьбового соединения после развинчивания

После каждого развинчивания допускается ремонт ниппельных и раструбных элементов с использованием только тех средств, которые рекомендованы изготовителем резьбового соединения для применения в полевых условиях. Все случаи ремонта должны быть зарегистрированы с указанием затрат времени на ремонт. Необходимо указать в отчете все случаи заедания и другие несоответствия. Необходимо сфотографировать участки заедания, участки ремонта, эти же участки после следующего развинчивания и после окончательного развинчивания, и включить фотографии в окончательный протокол.

ДА.5.6.7 Контроль свинчивания резьбового соединения

После каждого развинчивания образцы резьбовых соединений тщательно осматривают. Оценивают и отмечают на диаграммах зависимости момента от числа оборотов все наблюдаемые случаи заедания. На этих же диаграммах отмечают все нарушения процесса свинчивания (проскальзывание конца трубы или муфты в плашках трубного ключа, сбои компьютера или скачки электрического сигнала, не отмеченные на диаграмме, и т. п.).

ДА.5.7 Выявление утечек при внутреннем давлении для испытаний TS-B и TS-C

ДА.5.7.1 Основные положения

Требования к выявлению утечек имеют особо важное значение для резьбовых соединений, которые должны быть непроницаемыми для газа или жидкой среды. Для резьбовых соединений разного типа в ДА.5.7.5 и ДА.5.7.6 приведены два проверенных метода выявления утечек, однако может быть использован любой метод, который соответствует нормативной документации и требованиям к чувствительности, приведенным в ДА.5.7.3. Резьбовые соединения обсадных и насосно-компрессорных труб подвергают воздействию внутреннего давления при TS-B и TS-C, и наблюдают за их поведением при помощи системы выявления и измерения утечек резьбового соединения.

Отклонения при изменении нагрузки необходимо фиксировать в протоколе; однако данные отклонения не считаются утечкой в резьбовом соединении. Критерии приемки герметичности под давлением должны соответствовать ДА.8.3. Утечки в резьбовом соединении следует показать на графиках давления.

ДА.5.7.2 Среды для создания давления

Для CAL II, CAL III, и CAL IV испытания внутренним давлением для подтверждения диапазона испытательных нагрузок TLE должны осуществляться с использованием сухого азота. Для CAL I испытания внутренним давлением для подтверждения диапазона испытательных нагрузок TLE должны осуществляться с использованием жидкой среды или сухого азота в соответствии с программой испытаний. По согласованию между сторонами, участвующими в испытаниях, к азоту может быть добавлен гелий в качестве газа-индикатора.

Для циклов испытаний при повышенной температуре при TS-B и TS-C применяются требования, указанные в ДА.5.10.

ДА.5.7.3 Чувствительность системы выявления утечек при внутреннем давлении

Система наблюдения и измерения утечек при внутреннем давлении должна

обладать чувствительностью к утечкам не ниже $0,9 \text{ см}^3/15 \text{ мин}$ при использовании для измерения градуированного цилиндра с ценой деления $0,1 \text{ см}^3$ или не ниже $0,0001 \text{ см}^3/\text{с}$ при стандартных условиях измерения газовым хроматографом или спектрометрической системой. При использовании гелия в качестве газа-индикатора, система измерения с градуированным цилиндром должна обладать способностью улавливать выделяющийся газ для определения содержания гелия с целью проверки необходимости учета или отказа от учета утечек.

При использовании градуированного цилиндра необходимо предусмотреть компенсацию изменений барометрического давления, которые могут оказывать влияние на чувствительность к утечкам. Рекомендуется перед началом испытаний настроить отдельный градуированный цилиндр (см. рисунок ДА.11), имитирующий устройство для выявления утечек. Во время анализа указанный отдельный цилиндр можно использовать для установления наличия утечек в резьбовом соединении или того, вызвано ли отклонение изменением барометрического давления. Отдельный градуированный цилиндр должен содержать объем газа, совпадающий с объемом газа в перевернутом градуированном цилиндре испытываемых резьбовых соединений.

ДА.5.7.4 Индикаторы утечки

Индикаторы утечки можно оценивать в отношении источника утечки, если имеются основания предполагать, что утечка происходит не от испытываемого резьбового соединения. Для подтверждения того, что утечка происходит от среды под давлением, а не от дегазации резьбовой смазки или от теплового расширения резьбового соединения или испытательного оборудования, можно использовать датчик, калиброванный на улавливание гелия. Оценка источника утечки должна быть основана на тщательном анализе газа утечки. Если утечка вызвана не резьбовым соединением, а другим источником, например, торцевыми заглушками, необходимо ее устранить и продолжить испытание. Необходимо зарегистрировать все посторонние утечки и их источники (штуцер для отвода утечек, клапан, соединение). В протоколе испытаний необходимо указать все индикаторы утечек, а также обоснование для уменьшения утечки резьбового соединения.

ДА.5.7.5 Устройства для выявления утечек при испытании внутренним давлением

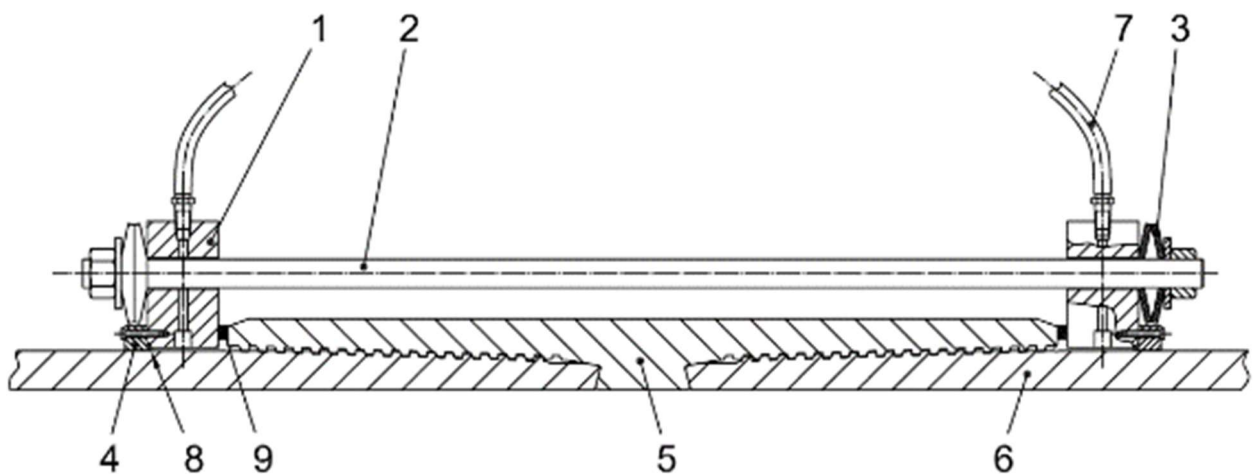
ДА.5.7.5.1 Варианты устройств для выявления утечек

При испытании внутренним давлением испытательный образец резьбового соединения оснащают одним или несколькими из устройств для выявления утечек, приведенных в ДА.5.7.6.2 – ДА.5.7.6.4. Если испытания проводятся при повышенной

температуре, материалы устройства должны быть применимы для использования при температурах выше максимальной температуры испытания.

ДА.5.7.5.2 Устройство для выявления утечек с уплотнительными кольцами

Устройство для выявления утечек должно состоять из уплотнительного кольца, прижимаемого к торцу или наружной поверхности раструбного элемента при помощи фланца, имеющего не менее четырех сквозных отверстий под шпильки, которыми фланцы плотно прижимаются к торцу раструбного элемента. Уплотнение между фланцем и ниппельным элементом создают с помощью отдельного прижимного уплотнительного кольца, как показано на рисунке ДА.8.

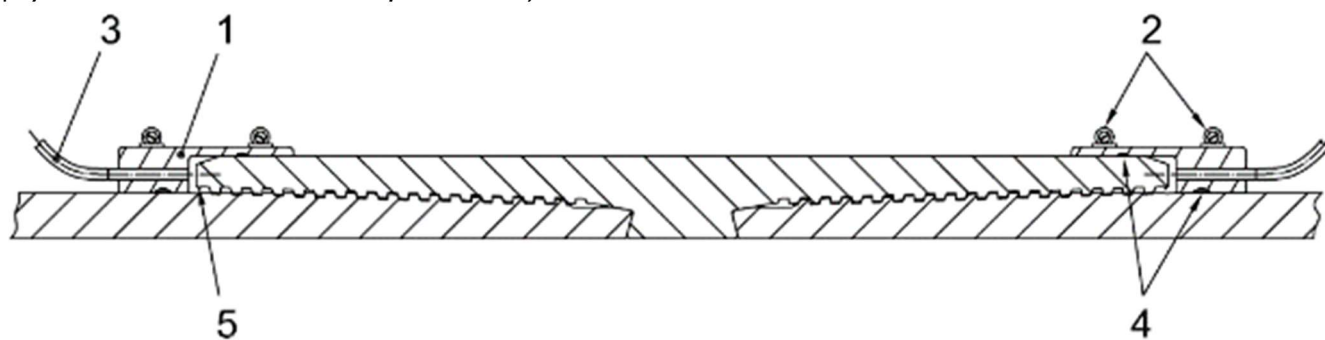


1 – металлический фланец; 2 – шпилька; 3 – пружины; 4 – гайка; 5 – муфта; 6 – ниппельный элемент;
7 – гибкий шланг (теплостойкий для испытаний при повышенной температуре); 8 – уплотнительное кольцо; 9 – плоская прокладка

Рисунок ДА.8 – Устройство для выявления утечек при испытании внутренним давлением, устанавливаемое на раструбный элемент

ДА.5.7.5.3 Устройство для выявления утечек с гибким шлангом

Устройство для выявления утечек с гибким шлангом-ловушкой из материала типа силикон устанавливают на торце раструбного элемента. Зазоры между наружной поверхностью ниппельного и раструбного элементов и устройством заполняют герметизирующим материалом. Для крепления шланга на наружной поверхности ниппельного и раструбного элемента используют фланцы. Между фланцем и наружной поверхностью элементов вводят трубку для отвода утечек газа, также уплотняемую герметизирующим материалом, как показано на рисунке ДА.9.



1 – гибкое уплотнение; 2 – хомуты для шланга; 3 – металлическая трубка или гибкий шланг (теплостойкие для испытаний при повышенной температуре); 4 – герметизирующий материал; 5 – небольшой зазор для повышения чувствительности выявления утечек

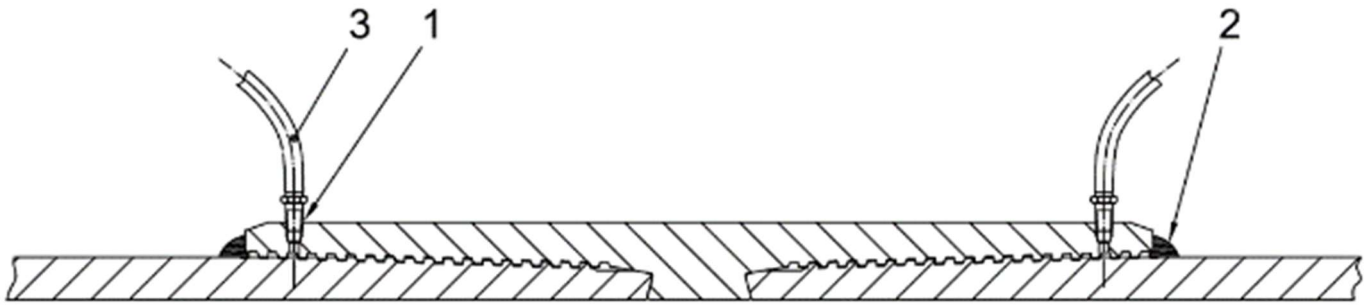
Рисунок ДА.9 – Устройство для выявления утечек при испытании внутренним давлением с гибким уплотнением

ДА.5.7.5.4 Устройство для выявления утечек, встраиваемое в раструбный элемент

Для выхода утечек газа на участке вблизи торца раструбного элемента, соответствующем сбегу резьбы ниппельного элемента, сверлят сквозное радиальное отверстие. В отверстии нарезают внутреннюю резьбу и ввертывают в него штуцер с гибким шлангом. Торцы раструбного элемента уплотняют, во избежание неконтролируемой утечки газа, как показано на рисунке ДА.10.

Свинчивание образца резьбового соединения проводят следующим образом (см. рисунок ДА.10):

- a) перед свинчиванием резьбового соединения сверлят отверстия, нарезают в них резьбу и удаляют заусенцы;
- b) свинчивают резьбовое соединение;
- c) в отверстия ввинчивают штуцеры с использованием герметизирующего материала, например PTFE;
- d) очищают торцы раструбного элемента и уплотняют их при помощи силиконового или другого герметизирующего материала;
- e) дают герметизирующему материалу затвердеть;
- f) отверстия могут быть расположены близко к уплотнению металл-металл.



- 1 – отверстие с резьбовым штуцером на участке муфты, соответствующем сбегу резьбы трубы;
2 – герметизирующий материал; 3 – гибкий шланг (тепlostойкий для испытаний при повышенной температуре)

Рисунок ДА.10 – Устройство для выявления утечек при испытании внутренним давлением с отверстием в раструбном элементе

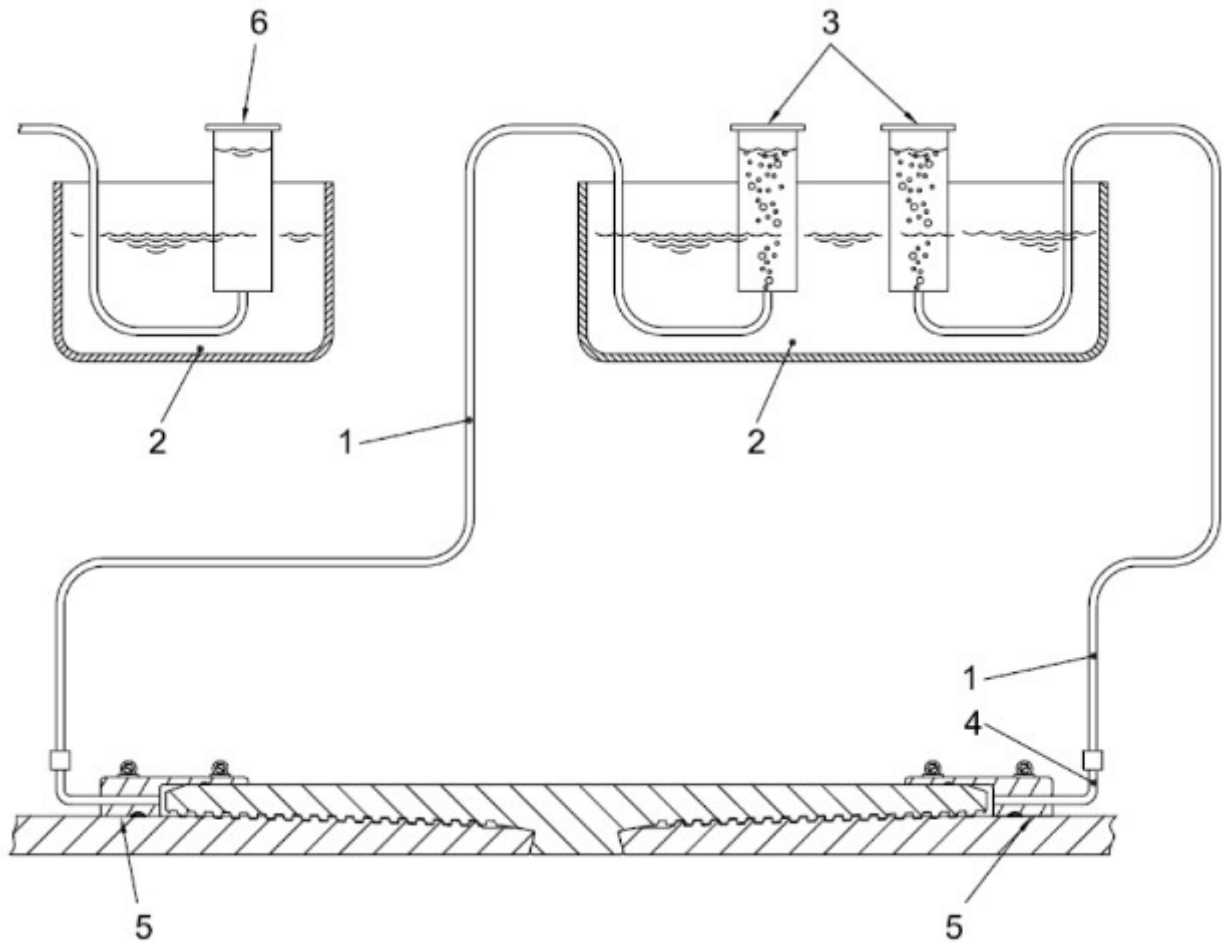
ДА.5.7.6 Пузырьковый метод выявления утечек при внутреннем давлении

ДА.5.7.6.1 Основные положения

Система выявления утечек пузырьковым методом изображена на рисунке ДА.11. Система основана на улавливании всего газа, выделяющегося из резьбового соединения, и его помещения в газосборник для измерения объема. Основные компоненты системы:

- а) устройства для улавливания газа, подобные выше описанным устройствам для выявления утечек (см. ДА.5.7.5);
- б) трубка или гибкий шланг, для соединения устройства для выявления утечек с газосборником;
- в) газосборник, включающий прозрачный градуированный цилиндр с ценой деления не больше 0,1 см³:
 - 1) цилиндр наполнен водой, гибкий шланг выведен в открытое пространство в верхней части цилиндра;
 - 2) нижнюю часть цилиндра и гибкий шланг погружают в сосуд с водой и переворачивают (см. рисунок ДА.11);
- г) критерии приемки герметизирующего уплотнения установлены в ДА.8.3.

Утечка визуально обнаруживается при наличии пузырьков, поднимающихся в цилиндре. Объем газа из пузырьков измеряют по шкале цилиндра и определяют, приводит ли утечка к протеканию резьбового соединения или она из другого источника, такого например, как дегазация резьбовой смазки (см. ДА.5.7.4).



1 – гибкий шланг (теплостойкий для испытаний при повышенной температуре); 2 – сосуд с водой;
3 – градуированные цилиндры; 4 – теплостойкая трубка; 5 – устройство для выявления утечек;
6 – градуированный цилиндр того же размера и с той же высотой над уровнем воды, что и цилиндры 3

Рисунок ДА.11 – Система выявления утечек пузырьковым методом при испытании

внутренним давлением

ДА.5.7.6.2 Испытание устройств для выявления утечек при внутреннем давлении

Устройства испытывают следующим образом:

а) проверяют герметизирующий материал и штуцер на наличие утечки, для чего присоединяют шланг к источнику давления.;

1) создают давление газа (воздуха или азота) от 1 до 2 psig (0,007 до 0,014 Мпа);

2) перекрывают подвод газа и наблюдают по манометру за падением давления;

б) при необходимости ремонтируют или герметизируют устройство;

с) периодически вывинчивают штуцер, прочищают отверстие и возобновляют испытание, как описано выше.

ДА.5.7.6.3 Проверка системы выявления утечек пузырьковым методом

Для проверки системы выявления утечек пузырьковым методом следует:

а) перед началом выполнения программы испытания и после ее выполнения необходимо проверить систему на собственные утечки и оценить ее чувствительность. В случае выявления утечек системой после проведения испытания, следует повторить испытания, проведенные с момента последней оценки системы выявления утечек;

б) для проверки системы на герметичность прикладывают давление воздуха или азота от 1 до 2 psig (от 0,007 до 0,014 Мпа). После стабилизации давления перекрывают подвод газа и в течение 2 мин наблюдают за давлением по манометру. Любое падение давления указывает на наличие утечек из системы, которые необходимо выявить и устранить. Полученную чувствительность системы следует документально зафиксировать и можно использовать для оценки показаний. Чувствительность системы может быть улучшена за счет уменьшения длины шланга;

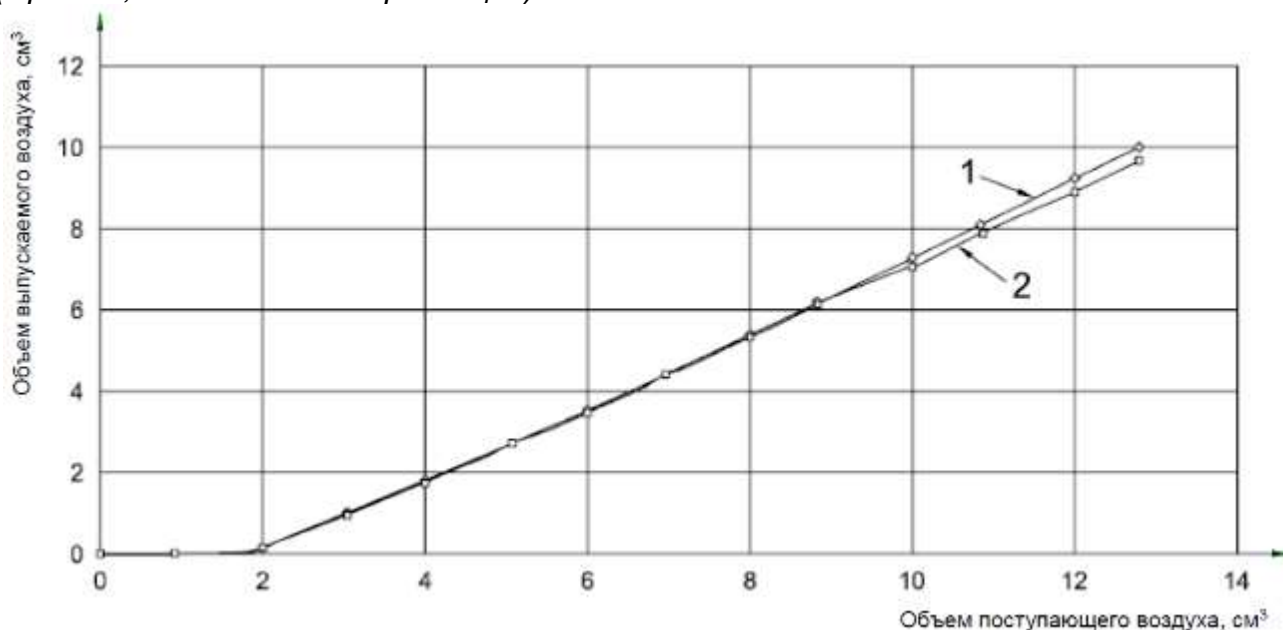
в) эффективность чувствительности системы оценивают, подводя к ней воздух и измеряя прирост объема воздуха в каждом цилиндре. Воздух подводят порциями по 1 см³, как минимум до объема 10 см³. Определяют среднее отношение подводимого и отводимого воздуха на графике (см. рисунок ДА.12). Необходимо зарегистрировать начальный объем подводимого воздуха, нужный для того, чтобы воздух начал скапливаться в градуированном цилиндре, но этот объем не влияет на расчетную эффективность чувствительности и поэтому не учитывается. Эффективность чувствительности должна составлять не менее 70 %, и если она ниже, то необходимо изменить конфигурацию системы и тем самым повысить чувствительность. Найденный показатель эффективности чувствительности используется для коррекции всех наблюдаемых утечек и их объемов при испытании и рассчитывается по следующей формуле

$$q_{ac} = \frac{q_0}{\eta_{lds}}, \quad (ДА.3)$$

где q_{ac} – фактическая утечка, указываемая в отчете;

q_0 – наблюдаемая утечка;

η_{lds} – эффективность системы выявления утечек.



1 – элемент соединения А; 2 – элемент соединения В

Рисунок ДА.12 – Пример графика для оценки чувствительности системы выявления утечек

ДА.5.7.6.4 Начало испытания

Перед началом испытания резьбового соединения на внутреннее давление проводят предварительную загрузку каждой системы выявления утечек, вдувая воздух вблизи раструбного элемента, до появления небольшого количества воздуха в градуированном цилиндре. Полученный объем регистрируют в качестве начального количества газа, которое будет вычитаться из того количества газа, которое накопится в цилиндре в ходе испытания. Полученный объем воздуха должен быть достаточным, чтобы понизить уровень воды в цилиндре до начала шкалы перед испытанием.

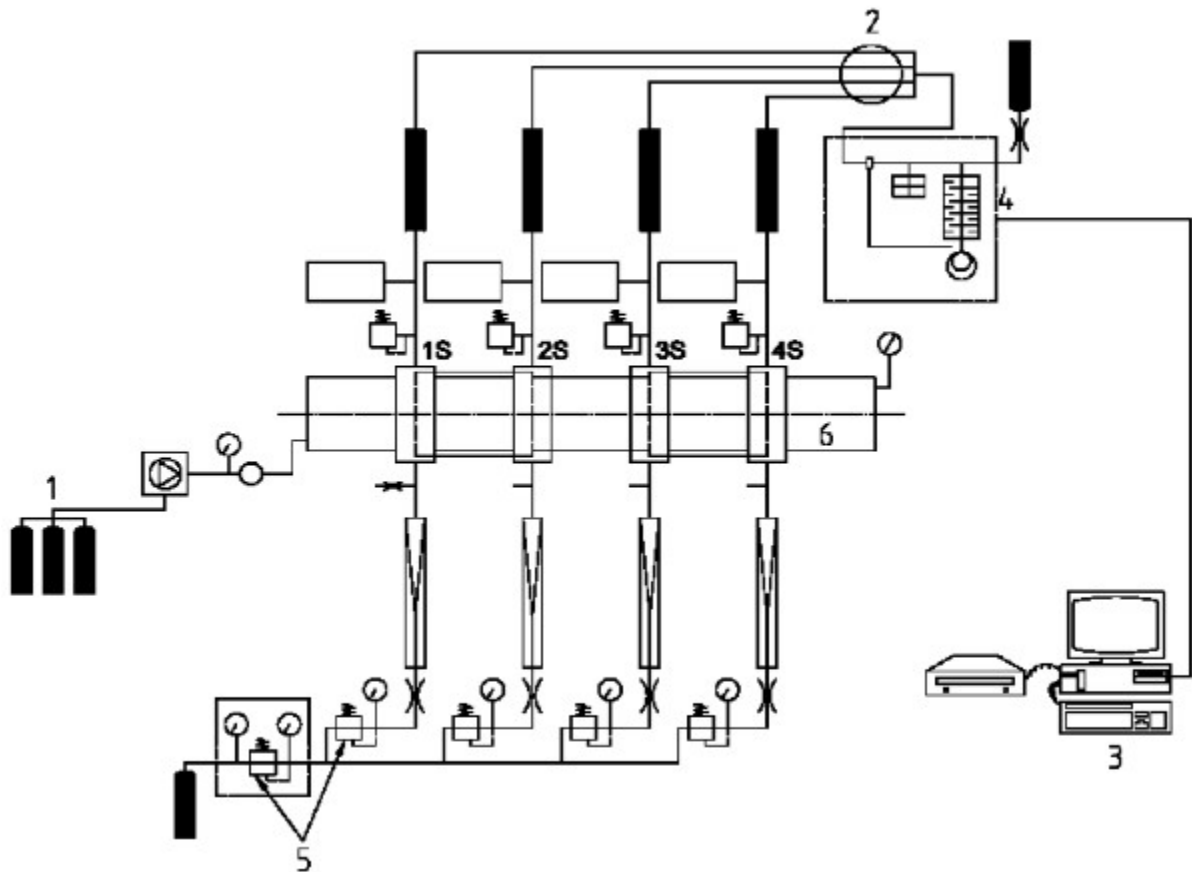
ДА.5.7.7 Выявление утечек при внутреннем давлении методом гелиевого масс-спектрометра

ДА.5.7.7.1 Основные положения

Система выявления утечек методом гелиевого масс-спектрометра (см. рисунок ДА.13) включает следующее:

- устройство для выявления утечек газа;
- трубку или гибкий шланг для соединения устройства для выявления утечек с линией подачи газа-носителя;
- линию подачи чистого азота в качестве газа-носителя, соединенную с масс-спектрометром;
- гелиевый масс-спектрометр, в котором, как правило, используется метод выявления утечек перехватом, что требует обеспечения правильной работы

устройства-перехватчика при атмосферном давлении.



1 – источник внутреннего давления; 2 – переключатель отбора; 3 – устройство регистрации данных; 4 – масс-спектрометр; 5 – регуляторы подачи газа-носителя; 6 – образцы (в данном случае – две муфты и четыре соединения 1S, 2S, 3S и 4S)

Рисунок ДА.13 – Выявление утечек при помощи гелиевого масс-спектрометра

ДА.5.7.7.2 Точность системы

Система выявления утечек методом гелиевого масс-спектрометра должна обеспечивать в стандартных условиях измерение суммарных утечек $0,0001 \text{ см}^3/\text{с}$ или ниже.

ДА.5.7.7.3 Калибровка системы

Всю систему необходимо калибровать не реже, чем один раз в год в соответствии с рекомендациями изготовителя оборудования, с использованием сертифицированного и калиброванного источника утечек. Калиброванный источник утечек должен использоваться вместо испытательного образца резьбового соединения при наличии каждого компонента системы выявления утечек.

ДА.5.7.7.4 Одновременное измерение утечек из нескольких образцов резьбового соединения

Для одновременного испытания нескольких резьбовых соединений или испытательных образцов можно использовать устройство-перехватчик с

переключателем. Необходимое минимальное время перехвата зависит от оборудования, и его следует определить и продемонстрировать перед началом испытания. От каждой линии необходимо отбирать пробу не реже чем один раз в минуту.

ДА.5.7.7.5 Поверка системы

Перед каждым испытанием продувают систему азотом. Выпускают фиксированное количество гелия в устройство для выявления утечек или рядом с ним, чтобы убедиться, что детектор реагирует на гелий. Проверяют всю линию и устройство для выявления утечек на утечку гелия. Проверяют правильное содержание гелия в газовой смеси, чтобы убедиться в отсутствии засоров в линии. В конце испытания снова продувают линию, для того чтобы убедиться, что испытание начнется с не загрязненной системой.

ДА.5.8 Выявление утечек для испытания TS-A

ДА.5.8.1 Испытания, проводимые при температуре окружающей среды

ДА.5.8.1.1 Основные положения

Резьбовые соединения обсадных и насосно-компрессорных труб подвергают воздействию внутреннего и наружного давлений при температуре окружающей среды в системе, способной выявить возникающие при этом утечки. Выявление таких утечек при наружном давлении считается более сложным и менее точным, чем обнаружение утечек при внутреннем давлении.

Хотя предпочтительно использовать методы выявления утечек, указанные в ДА.5.7.6 и ДА.5.7.7, данные методы невозможно применять из-за наличия камеры наружного давления. В результате, испытания TS-A при температуре окружающей среды на выявление утечек для испытания при внутреннем давлении должны проводиться в соответствии с ДА.5.8.1, если камера остается на испытательном образце во время испытания, или в соответствии с ДА.5.7, если камера убирается.

Отклонения при изменении нагрузки необходимо фиксировать в протоколе; однако данные отклонения не считаются утечкой в резьбовом соединении. Критерии приемки герметичности под давлением должны соответствовать ДА.8.3. Утечки в резьбовом соединении следует показать на графиках давления.

Для подтверждения предполагаемой утечки проводят дополнительные испытания, чтобы подтвердить скорость и источник утечки. В случае предполагаемой утечки под внутренним давлением, камеру наружного давления следует удалить, для оценки каждого резьбового соединения в сборном испытательном образце отдельно. В указанных случаях, отклонения, наблюдаемые с помощью камеры наружного давления,

следует фиксировать, но для оценки точки приложения нагрузки с предполагаемой утечкой необходимо использовать только результаты, полученные без камеры наружного давления.

В случае подтверждения утечки без камеры наружного давления, точку приложения нагрузки с предполагаемой утечкой необходимо подвергнуть повторным испытаниям, достигая точки приложения нагрузки в том же направлении (против часовой стрелки или по часовой стрелке), что и предыдущая оценка, проводимая с помощью камеры наружного давления. Если точки приложения нагрузки показали предполагаемые утечки в обоих направлениях во время предыдущей серии испытаний, оценку утечек без камеры наружного давления следует проводить для предыдущей точки приложения нагрузки в обоих направлениях. Период выдержки для проверки утечек должен быть самым длинным периодом выдержки для данной конкретной точки приложения нагрузки во время данной серии испытаний.

В случае обнаружения предполагаемой утечки с помощью камеры наружного давления допускается продолжить испытания с камерой наружного давления до тех пор, пока серия испытаний не будет завершена, и затем провести проверку утечки без использования камеры наружного давления.

Результат, полученный без камеры наружного давления, следует считать частью испытаний, а не их отклонением.

ДА.5.8.1.2 Среды для создания давления

Все испытания на выявление утечек при наружном давлении, выполняемые при температуре окружающей среды, проводятся с использованием пресной воды или соответствующей нагнетательной среды, см. ДА.5.7.2.

ДА.5.8.1.3 Чувствительность системы и выявление утечек при внутреннем и наружном давлении

Для испытаний TS-A при температуре окружающей среды чувствительность выявления утечек для испытаний при внутреннем и наружном давлении, а также калибровка камеры и испытательного образца, должны соответствовать ДА.5.7.6.3. Чувствительность необходимо зафиксировать и задокументировать в соответствии с ДА.5.7.6.3.

Для улучшения выявления утечек возможно использование индикаторных красителей для жидкости, или возможно в муфте сделать отверстие в зоне между металлическим уплотнением и началом первого витка резьбы на ниппеле. Второй вариант – измерить промежуток времени, необходимый для того, чтобы жидкость пробил отверстие в резьбовом уплотнении. Тогда данный промежуток времени

следует использовать для определения минимального времени выдержки, выполняемых после испытаний при наружном давлении.

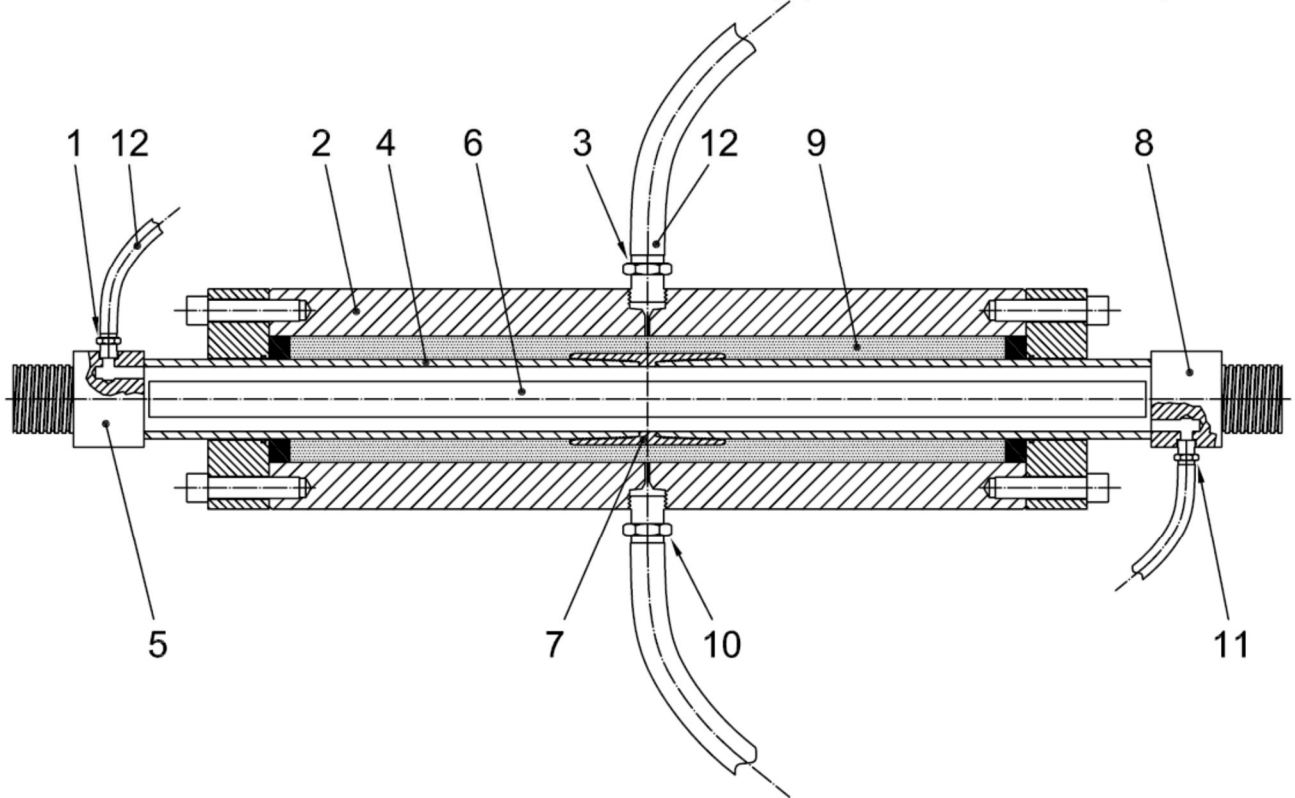
ДА.5.8.1.4 Торцевые заглушки с отверстиями

Испытательный образец резьбового соединения и торцевые заглушки должны иметь отверстия для заполнения внутренней части образца водой, оснащенные штуцерами высокого давления, способными удерживать внутреннее давление при проведении такого испытания. Обычно, требуются два отверстия – одно для подвода воды и одно для отвода воздуха, расположенные на противоположных концах испытательного образца резьбового соединения. Отверстие для отвода воздуха должно быть расположено таким образом, чтобы можно было полностью удалить воздух из резьбового соединения. Если воздух не удаляется из камеры наружного давления, это может привести к длительным периодам стабилизации и (или) ошибочным результатам в отношении уплотнения резьбового соединения. Поэтому следует приложить усилия для удаления воздуха из камеры наружного давления, из испытательного образца и из системы выявления утечек.

Расположение отверстий для подвода и отвода в надлежащих местах, наклон испытательного образца во время заполнения образца или камеры наружного давления водой, использование смачивающих веществ и т.д. – это примеры методов удаления воздуха из испытательного образца. Отверстия должны быть расположены так, чтобы можно было полностью удалить из резьбового соединения воду перед дальнейшим испытанием внутренним давлением газа.

ДА.5.8.1.5 Установка для испытаний TS-A

Пример установки для испытаний TS-A показан на рисунке ДА.14. Для удаления воздуха из камеры отверстие (позиция 3 на рисунке ДА.14) должно быть сверху камеры наружного давления во время установки и стабилизации. Затем необходимо повернуть сборный узел вокруг его продольной оси так, чтобы отверстие (позиция 3) было как можно ближе к 20° от вертикали или соединить шланг устройства с альтернативным местом отверстия, например, нижней частью (180°) или боковой стороной (90°) камеры, чтобы предотвратить попадание оставшегося воздуха в трубку устройства для выявления утечек. Отверстие, обозначенное позицией 11 на рисунке ДА.14, должно располагаться на одной линии с внутренним диаметром испытательного образца или ниже.



1 – отверстие, оборудованное датчиком давления для контроля внутреннего давления газа, для выявления утечек при испытании наружным давлением, и для подвода воздуха с целью удаления воды после испытания наружным давлением; 2 – камера наружного давления; 3 – отверстие, оснащенное гибким шлангом для выявления утечек при испытании внутренним давлением или к преобразователю давления при испытании наружным давлением; 4 – испытываемая труба; 5 – заглушка с верхним отверстием, см. позицию 1; 6 – внутренняя заполнительная прокладка, для безопасности; 7 – испытываемое соединение; 8 – заглушка с нижним отверстием, см. позицию 11; 9 – камера, заполненная водой; 10 – отверстие для подвода давления воды в камеру; 11 – отверстие для подвода давления газа, для наполнения водой при испытании наружным давлением, слива воды после испытания наружным давлением; 12 – гибкий шланг к системе измерения утечек, см. позицию 8 на рисунке ДА.15

Рисунок ДА.14 – Пример установки для TS-A

ДА.5.8.1.6 Выявление утечек и их измерение по уровню воды

Для испытания на выявление утечек при внутреннем давлении при температуре окружающей среды, гибкий шланг вверху камеры заполняют водой, как описано в ДА.5.8.1.4. Согласно ДА.5.8.1.5, гибкий шланг присоединяют к системе выявления утечек, как показано на рисунке ДА.14 (позиции 3 и 12) и на рисунке ДА.15.

Для испытаний на выявление утечек при наружном давлении при температуре окружающей среды, внутреннее пространство образца резьбового соединения заполняют водой через гибкий шланг, как описано в ДА.5.8.1.4. Согласно ДА.5.8.1.5, гибкий шланг присоединяют к системе измерения утечек, как показано на рисунке ДА.14 (позиции 3 и 12) и на рисунке ДА.15.

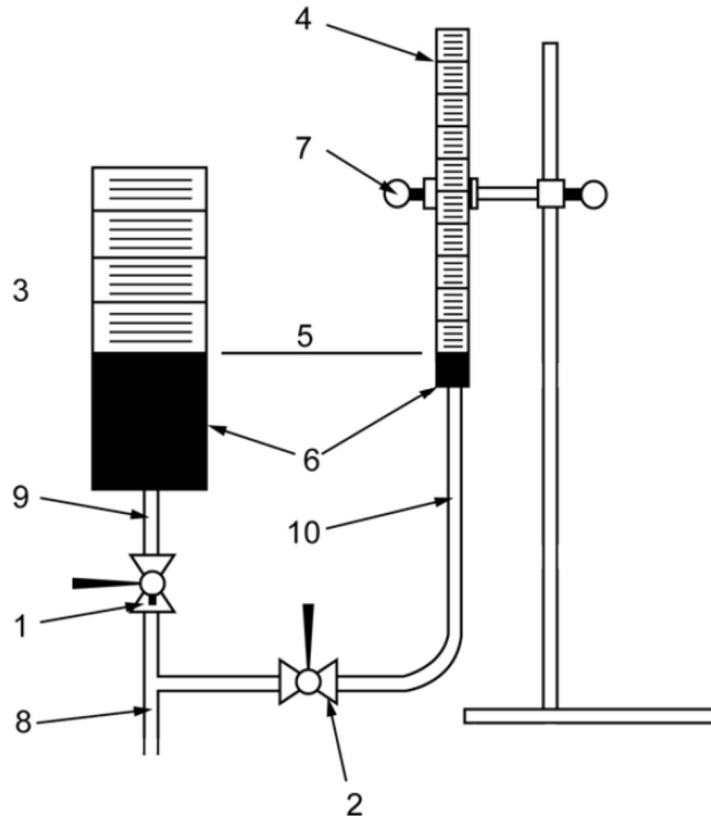
При испытании на выявление утечек при наружном давлении на установке TS-A, испытываемое резьбовое соединение и часть трубы по обе стороны от него должны быть охвачены камерой. Установлено, что при проведении этого испытания сразу после приложения полного давления и осевой нагрузки может иметь место вытеснение значительного объема воды (более 0,9 см³ за 15 мин). При этом интенсивность вытеснения воды обычно постепенно уменьшается. Поэтому необходим стабилизационный период перед началом выдержки под давлением.

С учетом этой особенности, испытание на выявление утечек при наружном давлении на установке TS-A проводится следующим образом:

- a) прикладывают полное требуемое внутреннее или наружное испытательное давление и закрывают вентили на напорной линии от нагнетательного насоса;
- b) после закрытия вентилей может оказаться необходимым небольшое превышение давления, чтобы поддержать требуемое давление;
- c) вскоре после закрытия вентилей (после применения расчетных нагрузок и стабилизации системы выявления утечек) начинают регистрировать нагрузки, давление и показания уровня воды в градуированных цилиндрах;
- d) продолжают регистрировать нагрузки на устройство, давление и показания воды в градуированных цилиндрах, как описано в ДА.8.3;
- e) документально фиксируют скорость утечки и отмечают направление утечки в градуированном цилиндре. Критерии приемки герметичного уплотнения см. в ДА.8.3.

В начале испытания при внутреннем и при наружном давлении большой градуированный цилиндр, показанный на рисунке ДА.15, должен быть заполнен водой примерно наполовину. Перед приложением и регулировкой испытательных нагрузок открывают вентиль 1 (см. рисунок ДА.15) и закрывают вентиль 2. При приложении испытательных нагрузок уровень воды в большом цилиндре будет повышаться или понижаться. В начале выдержки под давлением открывают вентиль 2 и перемещают малый градуированный цилиндр вверх или вниз так, чтобы уровень воды в нем стал близким к дну цилиндра. Затем закрывают вентиль 1. При утечке из образца резьбового соединения, уровень воды в малом цилиндре будет повышаться, и его измерение позволяет судить об интенсивности утечки. К воде в цилиндрах рекомендуется добавить краситель, что облегчит наблюдение за уровнем воды в них.

Регистрируют уровень воды в малом цилиндре в начале и в конце каждого периода выдержки, а при наличии утечки – с интервалами, установленными в ДА.8.3.2, чтобы определить характеристики утечки.



1 – вентиль перед большим градуированным цилиндром; 2 – вентиль перед малым градуированным цилиндром; 3 – большой открытый сверху градуированный цилиндр от 100 до 200 см³; 4 – малый открытый сверху градуированный цилиндр примерно на 25 см³, с ценой деления 0,1 см³; 5 – уровень воды; 6 – подкрашенная вода; 7 – регулируемый держатель, позволяющий в начале каждого периода выдержки разместить дно цилиндра на уровне, соответствующем от 100 до 200 см³; 8 – гибкий шланг, соединенный с верхней частью камеры при испытании внутренним давлением газа и с верхним отверстием одной из торцевых заглушек при испытании наружным давлением; 9 – гибкий шланг к большому цилиндру; 10 – гибкий шланг к малому цилиндру

Примечание – Установку нельзя использовать для испытания при повышенной температуре.

Рисунок ДА.15 – Пример системы выявления утечек для TS-A с камерой наружного давления на образце для испытаний внутренним и наружным давлением при температуре окружающей среды

ДА.5.8.2 Испытания, проводимые при повышенной температуре

ДА.5.8.2.1 Основные положения

Из-за сложности проведения испытания под наружным давлением при повышенной температуре с точной системой выявления утечек, основным принципом является выполнение соединения при повышенной температуре, и система выявления утечек используется для выявления утечек в резьбовом соединении только в информационных целях.

Определение утечки при TS-A при повышенной температуре производят с

помощью метода падения давления. При удалении клапана наружного давления, внутреннее давление при повышенной температуре должно соответствовать ДА.5.7. Утечки, независимо от метода выявления (давление, объем или скорость), следует фиксировать.

Для испытания TS-A при повышенной температуре применяют требования ДА.5.10.

ДА.5.8.2.2 Среды для создания давления

Испытание внутренним давлением выполняют с использованием сухого азота. Испытание наружным давлением выполняют с использованием соответствующей жидкости при температуре выше испытательной.

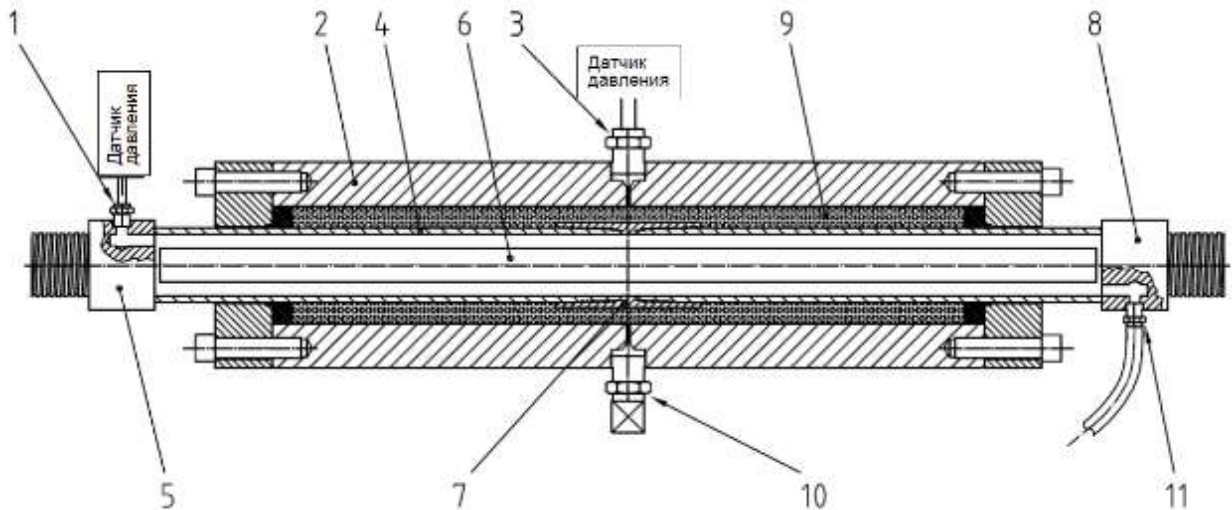
ДА.5.8.2.3 Чувствительность системы и выявление утечек при TS-A

Для испытаний TS-A при повышенной температуре чувствительность выявления утечек, равная чувствительности выявления утечек под внутренним давлением (см. ДА.5.7.3), не возможна из-за сложности, точности и безопасности. Для выявления утечек при повышенной температуре в условиях TS-A следует применить метод падения давления (см. ДА.5.8.2.4). В результате чувствительность выявления утечек равна чувствительности датчика давления. Результаты необходимо документально зафиксировать.

ДА.5.8.2.4 Выявление утечек и их измерение методом падения давления

Выявление утечек методом падения давления можно применять для испытаний TS-A при повышенной температуре. Изменения давления при изменении нагрузки следует фиксировать, однако, данные изменения давления не считаются утечкой в резьбовом соединении. Критерии приемки герметичного уплотнения под давлением должны соответствовать ДА.8.3. Утечки в резьбовом соединении показывают на графиках давления.

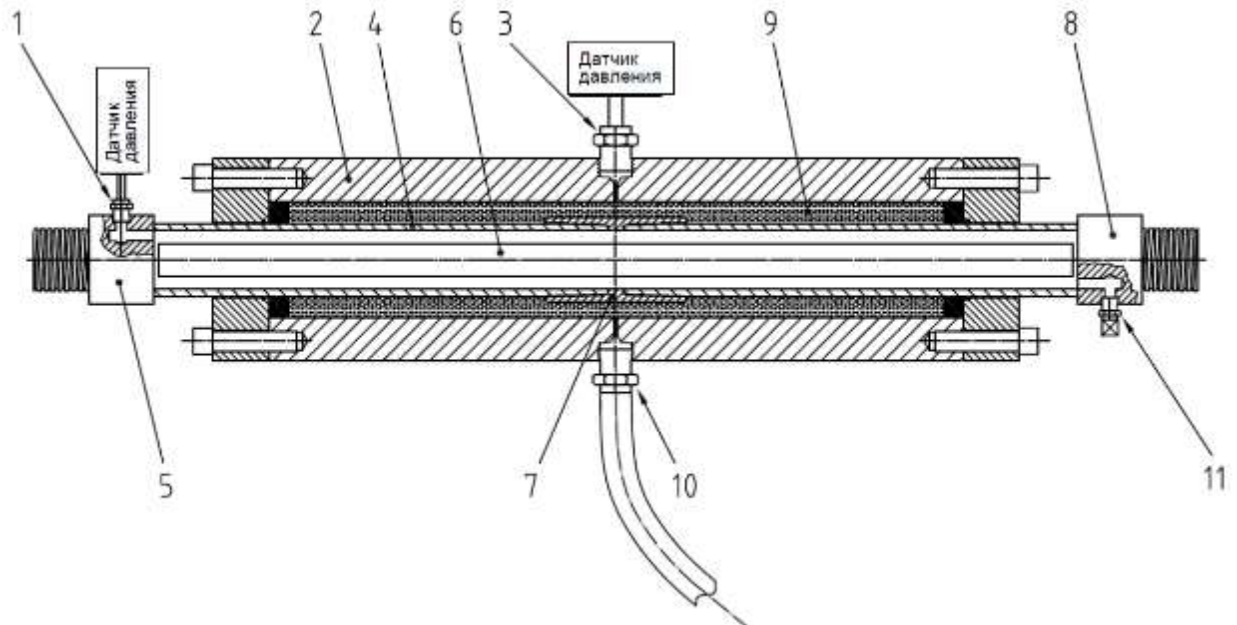
При испытаниях внутренним давлением, камера наружного давления заполняется соответствующей нагнетательной средой; и отверстие (позиция 10 на рисунке ДА.16) закрывается, в то время как датчик давления используется для контроля давления в пределах камеры наружного давления в точке (позиция 3 на рисунке ДА.16). Давление в пределах камеры наружного давления должно сохраняться на уровне не ниже 1,4 МПа (200 psi). В периоды выдержки при внутреннем давлении, снижение внутреннего давления сопровождается повышением наружного давления, и указывает на возможную утечку в резьбовом соединении.



1 – отверстие, оборудованное датчиком давления для испытания внутренним давлением газа;
2 – камера наружного давления; 3 – отверстие, оборудованное датчиком давления для контроля внутреннего давления газа; 4 – испытываемая труба; 5 – торцевая заглушка с верхним отверстием, см. позицию 1; 6 – внутренняя заполнительная прокладка, для безопасности; 7 – испытываемое соединение; 8 – торцевая заглушка с нижним отверстием, см. позицию 11; 9 – камера, заполненная жидкостью; 10 – отверстие для подвода жидкости в камеру, отгороженную для контроля внутреннего давления газа; 11 – отверстие для подвода газа под давлением

Рисунок ДА.16 – Пример установки для TS-A при повышенной температуре
(внутреннее давление)

При испытаниях наружным давлением образец наполняют газом или жидкой нагнетательной средой. Отверстие для кольцевой заглушки (позиция 11 на рисунке ДА.17) закрывается, в то время как датчик давления используется для контроля давления в пределах испытательного образца в отверстии (позиция 1 на рисунке ДА.17). Давление в пределах испытательного образца должно поддерживаться на уровне менее 1,4 МПа (200 psi). В периоды выдержек при наружном давлении, понижение наружного давления, сопровождаемое повышением внутреннего давления, указывает на возможную утечку в резьбовом соединении при наружном давлении. Повышение давления в образце не совпадает с потерей давления из камеры. На основании соответствующей нагнетательной среды, при наружном давлении может потребоваться значительная по объему утечка для увеличения внутреннего давления, чтобы распознать утечку.



1 – отверстие, оборудованное датчиком давления для испытаний наружным давлением, подвод воздуха с целью удаления воды после испытаний наружным давлением;

2 – камера наружного давления; 3 – отверстие, оборудованное датчиком давления для испытаний наружным давлением; 4 – испытываемая труба; 5 – торцевая заглушка с верхним отверстием, см. позицию 1; 7 – испытываемое соединение; 8 – торцевая заглушка с нижним отверстием, см. позицию 11; 9 – камера, заполненная жидкостью; 10 – отверстие для подвода жидкости под давлением в камеру; 11 – отверстие для заполнения жидкостью для испытаний наружным давлением, с целью удаления воды после испытаний наружным давлением

Рисунок ДА.17 – Пример установки для TS-A при повышенной температуре (наружное давление)

Выявление утечек для TS-A при повышенной температуре осуществляют при помощи контроля приложенного давления в резьбовом соединении. Фиксируют скорость потери давления [psi/мин (МПа/мин)] с интервалом 5 мин, направленность скорости падения давления, и количество раз, когда давление повышается во время выдержки. Длительная потеря давления или увеличение скорости потери давления указывают на возможную утечку в резьбовом соединении. Критерии приемки герметичного уплотнения см. в ДА.8.3.

Необходимо проверить предполагаемые утечки и провести дополнительные испытания для подтверждения скорости утечки и ее источника. При наличии утечки при внутреннем давлении, камеру наружного давления следует удалить, а испытание внутренним давлением повторить, чтобы каждое резьбовое соединение можно было оценить отдельно, при помощи измерения пузырьковым методом (см. ДА.5.7.6) или методом гелиевого масс-спектрометра (см. ДА.5.7.7). В случае предполагаемой утечки при наружном давлении и на основании соглашения между изготовителем и заказчиком, можно провести испытания при повышенной температуре и использовать испытания

TS-A при температуре окружающей среды на уровне 90 %, чтобы подтвердить утечку или отнести ее к трудностям выявления при повышенной температуре. В противном случае, без соглашения сторон, образец следует охладить до температуры окружающей среды и повторить испытание наружным давлением при температуре окружающей среды и нагрузках на уровне 90 % с выявлением утечек и их измерением по уровню воды (см. ДА.5.8.1.6).

ДА.5.9 Сбор данных и методы испытаний

ДА.5.9.1 Общие положения

Правильная и точная регистрация данных имеет решающее значение для программы испытаний. Без адекватной регистрации данных невозможно обеспечить объективную оценку качества резьбового соединения.

ДА.5.9.2 Принципы испытаний

Испытательные образцы подвергают воздействию комбинации применяемых нагрузок, включая осевое усилие, давление, изгиб и температуру. Соответствующее измерение и контроль данных нагрузок необходимы для выполнения программы испытаний. Для точек приложения нагрузки без намеренного изгиба, изгибающие нагрузки могут быть вызваны изменениями в трубе или выравниванием элементов испытательного образца и нагрузочного устройства. Рекомендуется использовать опору для образца с приспособлениями, препятствующими изгибанию. Испытательные лаборатории должны быть оснащены приборами для определения изгибающей нагрузки.

Данные по контролю остаточной деформации во время испытаний могут дать аналитическую оценку реакции резьбового соединения на условия испытаний и подтвердить, что плановые нагрузки применяются испытательным оборудованием соответствующим образом. Допускается применять тензодатчики по отношению к резьбовому соединению (наружный диаметр раструбного элемента и внутренний диаметр ниппельного элемента) и (или) по отношению к телу трубы.

ДА.5.9.3 Процедура испытаний

ДА.5.9.3.1 Общие положения

Регистрируют внутреннее и наружное давление, осевую нагрузку, изгибающую нагрузку и температуру. При всех испытаниях необходимо регистрировать давление, осевую нагрузку и температуру непрерывно во времени. Данные сведения следует регистрировать в цифровой форме. При цифровой регистрации скорость сбора данных должна соответствовать ожидаемым изменениям нагрузки и давления, но не должна быть менее одного показания со всех приборов каждые 15 с.

Для испытаний при предельных нагрузках рекомендуется более высокая скорость сканирования.

ДА.5.9.3.2 Давление и (или) растягивающие нагрузки

К внутренней или наружной поверхности испытательного образца резьбового соединения присоединяют датчик давления. При этом его размещают со стороны отверстия для выхода воздуха, а не со стороны отверстия для нагнетания давления.

Каждый образец нагружают усилием при скорости роста осевой нагрузки не более 105 МПа/мин (15 000 psi/мин). Каждый образец нагружают давлением при скорости роста давления не более 105 МПа/мин (15 000 psi/мин). Нагружение образцов резьбового соединения может проводиться непрерывно или дискретно. Однако в случае дискретного нагружения скорость роста осевой нагрузки и давления в пределах каждого приращения не должна превышать указанной максимальной скорости. При снятии давления и осевой нагрузки ограничения максимальной и минимальной скоростей не устанавливаются.

Примечание – Указанные скорости роста осевой нагрузки и давления должны обеспечить точную регистрацию данных о прочности и герметичности резьбового соединения.

Сжимающие и (или) осевые нагрузки на нагрузочное устройство в периоды выдержки должны поддерживаться выше расчетных нагрузок. Сжимающие нагрузки в периоды выдержки должны поддерживаться в пределах расчетного давления $\pm 1,4$ МПа (200 psi) или ± 1 %, в зависимости от того, что больше. Осевая нагрузка на нагрузочное устройство в периоды выдержки должна поддерживаться в пределах расчетной осевой нагрузки на раму $\pm 0,5$ % или ± 22 кН (5 kips), в зависимости от того, что больше.

Добавление или удаление осевых, сжимающих или изгибающих нагрузок допустимо в периоды выдержки для того, чтобы сохранить нагрузки в пределах требуемого допустимого диапазона. Отклонения ниже нижнего допустимого предела осевой нагрузки на нагрузочное устройство, давления, изгиба или температуры не влияют негативно на выдержку; однако выдержку следует продлить, чтобы она соответствовала суммарному общему времени выдержки с нагрузками в пределах допустимого диапазона. Отклонения выше верхнего допустимого предела для заданного периода выдержки следует исключить. Если они происходят, их следует зафиксировать.

ДА.5.9.3.3 Применение тензодатчиков при испытаниях на свинчивание-развинчивание

При испытаниях на свинчивание-развинчивание могут быть применены тензодатчики. При их применении испытательный образец должен быть снабжен инструментами для контроля деформации до первоначальной сборки, если данные собираются во время свинчивания и развинчивания. Если данные по деформации тела трубы собираются во время испытаний на свинчивание-развинчивание, следует использовать тензодатчики для измерения двухосной или трехосной деформации.

П р и м е ч а н и е – Тензодатчики для измерения двухосной деформации измеряют основные напряжения во время испытаний с комбинированной нагрузкой; однако, тензодатчики для измерения трехосных напряжений могут больше подходить для испытаний на свинчивание-развинчивание, если основная деформация трубы во время свинчивания и развинчивания будет скручивающей.

Для размещения тензодатчиков можно использовать различные осевые положения. Минимальное количество тензодатчиков, используемых в каждом осевом положении, должно быть следующим:

а) для труб наружным диаметром до 4 дюймов (101,60 мм) включ. минимальное количество тензодатчиков – три, расположенных по окружности (каждые 120°), на равном расстоянии друг от друга;

б) для труб наружным диаметром свыше 4 дюймов (101,60 мм) минимальное количество тензодатчиков – четыре, расположенных по окружности (каждые 90°) на равном расстоянии друг от друга.

Для свинчиваний и развинчиваний тензодатчики устанавливают внутри ниппеля и снаружи муфты (для раструбных резьбовых соединений IJ – снаружи муфты), напротив участков уплотнений металл-металл. Если имеется несколько уплотнений металл-металл, тензодатчики размещают напротив каждого уплотнения, как можно ближе к середине участка уплотнения. Внутренние и наружные тензодатчики размещают на соответствующих осевых участках (т.е. осевое расположение внутренних и наружных тензодатчиков должны совпадать при свинчивании резьбового соединения). Расположение по окружности может не совпадать.

Для каждого свинчивания показания тензодатчика следует фиксировать отдельно:

- для ниппеля и муфты (раструбного элемента);
- для резьбового соединения в сборе, свинченного вручную;
- для окончательного свинчивания резьбового соединения.

В случае выхода из строя первого образца из-за заедания, обязательно

использование тензодатчиков при повторных испытаниях образцов для сбора данных во время сборки образца.

Перед первым свинчиванием тензодатчики необходимо обнулить и откалибровать. При многократном свинчивании и развинчивании калибровку и нулевое положение следует регулировать в пределах циклов свинчивания и развинчивания (повторное обнуление не допускается). После окончательного свинчивания образца FMU внутренние тензодатчики и связанные с ними провода следует отсоединить и удалить.

ДА.5.9.3.4 Использование тензодатчиков для измерения изгиба

ДА.5.9.3.4.1 Общие положения

При испытании TS-B с изгибом требуется использование тензодатчиков для тела трубы. Тензодатчики могут быть использованы для контроля случайного изгиба в других сериях испытаний.

Эквивалентное осевое усилие изгиба в теле эталонной трубы для расчетного изгиба определяется по формуле

$$F_b = 2,284566 \times 10^{-8} \times (t_{avg} D_{avg}^2 - t_{avg}^2 D_{avg}) \times E \times D_{leg}, \quad (ДА.4)$$

где F_b – эквивалентное осевое усилие изгиба;

t_{avg} – измеренная средняя толщина стенки испытательного образца;

D_{avg} – максимальный, из средних измеренных наружных диаметров испытательного образца трубы, в установленных плоскостях;

D_{leg} – эффективная степень искривления, в градусах на 30 м/100 футов;

E – модуль упругости материала тела трубы (см. ДА.5.5.2).

Константа $2,284566 \times 10^{-8}$ основана на переводе единиц измерения и геометрических коэффициентах, учитывающих напряжение на наружной поверхности трубы в плоскости изгиба. Формула (ДА.4) получается с помощью задания уровня напряжения, равного изгибающему напряжению наружной поверхности и расчета осевой нагрузки. Расширенная информация по уравнению и его происхождению приведена в ДА.D.6.2.2.

ДА.5.9.3.4.2 Положение и ориентация тензодатчиков

При измерении изгибающих нагрузок при помощи тензодатчиков размещают четыре одноосных тензодатчика на оба патрубка в одной поперечной плоскости на расстоянии не менее $3\sqrt{(D \times t)}$ от резьбового соединения и от торцевой заглушки или крепления. Тензодатчики размещают по окружности трубы через 90° на равном расстоянии друг от друга. Если необходимо собрать данные по кольцевой деформации с помощью данных тензодатчиков, можно использовать двухосные тензодатчики.

Рекомендуется настроить тензодатчик на 0° в соответствии с расположением самой тонкой стенки. Положение каждого тензодатчика необходимо документально зафиксировать.

Существует два метода для контроля расчетного изгиба: контроль, основанный на изгибающем моменте (D_{leg}) и контроль, основанный на эквивалентном напряжении. В обоих случаях тензодатчики используют для контроля расчетного изгиба. Испытательная лаборатория должна выбрать один метод и использовать его на протяжении всего испытания. Калибровка тензодатчика и его нулевое положение не должны регулироваться в рамках какой-либо серии испытаний (т.е. повторное обнуление не допускается); любой остаточный изгиб является частью общего приложенного изгибающего момента. Однако, если в конце испытаний TS-B при температуре окружающей среды без изгиба образец достаточно прямой (что должно быть продемонстрировано другими способами), допускается повторное обнуление (при повышенной температуре образца), так как остаточные напряжения (приводящие к расчетному изгибу) являются результатом не изгиба, а неравномерного деформационного упрочнения материала тела трубы. В случае необходимости замены тензодатчика или его повторного обнуления, стороны должны согласовать процедуру и влияние на испытание.

ДА.5.9.3.4.3 Контроль кривизны, основанный на изгибающем моменте

При контроле, основанном на изгибающем моменте (D_{leg}), необходимо применять и контролировать изгиб в резьбовом соединении до минимального изгибающего момента для плановых испытаний на изгиб, как определено измеренными напряжениями от тензодатчиков тела трубы. Для каждого патрубка изгиб рассчитывается в горизонтальной и вертикальной плоскости. Изгиб рассчитывается для каждой плоскости и две плоскости комбинируют векторно для определения изгибающего момента. Применять изгибающий момент необходимо до тех пор, пока большее из двух значений на патрубках не достигнет расчетного значения. Контролируют тензодатчики для измерения напряжения тела трубы, рассчитывают изгибающее напряжение, изгибающий момент и прогиб, и непрерывно регистрируют прогиб.

Применяемая изгибающая нагрузка должна сохраняться в периоды выдержки, как минимум в пределах расчетной изгибающей нагрузки, и как максимум в пределах расчетной изгибающей нагрузки плюс предельное отклонение, указанное ниже. Отклонения ниже расчетной изгибающей нагрузки не влияют негативно на выдержку; однако, выдержку следует продлить, чтобы она соответствовала суммарному общему

времени выдержки с изгибающей нагрузкой в пределах допустимого диапазона. Отклонения выше верхнего допустимого предела для заданного периода выдержки следует исключить. Если они возникают, их следует зафиксировать:

- а) для труб наружным диаметром до 2 7/8 дюйма (до 73,02 мм) включ. – максимально допускаемый изгиб 3,0° на 100 футов (30 м);
- б) для труб наружным диаметром от 2 7/8 до 4 дюймов (от 73,02 до 101,60 мм) – максимально допускаемый изгиб 2,0° на 100 футов (30 м);
- с) для труб наружным диаметром от 4 до 5 1/2 дюймов (от 101,60 до 139,70 мм) – максимально допускаемый изгиб 1,5° на 100 футов (30 м);
- д) для труб наружным диаметром от 5 1/2 до 10 дюймов (от 139,70 до 254,00 мм) – максимально допускаемый изгиб 1,0° на 100 футов (30 м);
- е) для труб наружным диаметром свыше 10 дюймов (свыше 254,00 мм) – максимально допускаемый изгиб 0,5° на 100 футов (30 м).

ДА.5.9.3.4.4 Контроль кривизны, основанный на эквивалентном напряжении

Для контроля, основанного на эквивалентном напряжении, каждая точка изгибающей нагрузки связана с точкой нагрузки без изгиба на одном расчетном уровне напряжения. Целью является замещение части осевой нагрузки изгибающей нагрузкой таким образом, чтобы уровень напряжения до и после применения изгиба были эквиваленты. Данный метод можно использовать только для резьбовых соединений, которые однозначны для тела трубы при изгибе, например, соединения с 100 % фактического изгиба (см. ДА.5.9.3.4).

Изгиб необходимо прикладывать и контролировать в одной плоскости. Следует установить соответствующее крепление, чтобы ограничить изгиб вне плоскости, и отслеживать его. Необходимо контролировать изгиб QI с помощью тензодатчика на стороне растяжения трубы, и контролировать изгиб QII с помощью тензодатчика на стороне сжатия трубы.

Сначала прикладывают нагрузки на этапе нагрузки без изгиба и фиксируют деформацию контрольным тензодатчиком на каждом патрубке. Порядок точек приложения нагрузки с изгибом и без него можно поменять таким образом, что точку одноосной нагрузки можно применить до выполнения изгиба. Затем уменьшают осевую нагрузку на расчетное значение, и прикладывают изгибающую нагрузку до тех пор, пока контрольный тензодатчик не вернется к последнему значению, записанному на предыдущем этапе нагрузки без изгиба. Когда расчетный изгиб достигнут, можно начать период выдержки. Тензодатчик может сползти во время выдержки из-за того, что материал нагрузится выше его предела упругости. Изгибающую нагрузку можно снизить

для сохранения напряжения в нижеуказанных допустимых пределах.

Предельное отклонение на прилагаемую изгибающую нагрузку составляет 2 % упругой деформации, основанной на модуле упругости, как определено выше, и SMYS или 50 microstrain (мкм/м), в зависимости от того, что больше.

ДА.5.9.3.4.5 Измерение изгиба

Тензодатчики, используемые для измерения изгиба, не должны быть более 0,25 дюймов (6,35 мм). Осевое положение тензодатчиков зависит от метода, используемого для измерения изгиба, как указано далее. В качестве альтернативы для измерения изгиба могут применяться методы измерения прогиба (например, видео, лазерные и фотограмметрические методы). Альтернативные методы измерения необходимо документировать для демонстрации достижения требуемого минимального изгиба.

Применяют два метода нагружения для запланированного изгиба:

а) четырехточечный изгиб.

Оба изгибающих цилиндра размещают на одинаковом расстоянии от конечных опор и прилагают с их помощью одинаковую нагрузку. Тензодатчики, используемые для контроля изгиба, должны располагаться на теле трубы между двумя изгибающими цилиндрами, при условии соблюдения требований ДА.5.9.3.4.2;

б) равномерный изгиб при помощи вращающихся концевых креплений, при котором прилагаемый изгибающий момент должен быть одинаковым на обоих концах образца соединения. Положение тензодатчиков может быть в любом месте по длине трубы, при условии соблюдения требований, указанных в ДА.5.9.3.4.2.

ДА.5.9.3.5 Испытания при предельной нагрузке

Отслеживают и регистрируют внутреннее или наружное давление и осевую нагрузку, прилагаемую к испытательному образцу резьбового соединения.

После каждого испытания предельной нагрузкой необходимо сфотографировать образец после отказа, указать местоположение и характер разрушения. Основные нагрузки и размеры указывают в соответствии с рисунком ДА.В.7. Результаты испытания регистрируют и записывают в протоколы испытаний (см. ДА.9 и приложение ДА.С). Для окончания испытаний – см. ДА.7.4.2.

ДА.5.10 Термоциклические испытания

ДА.5.10.1 Основные положения

Целью механических циклических испытаний при температуре окружающей среды и при повышенной температуре (TS-A и B) и термоциклических испытаний (TS-C) является имитирование условий эксплуатации и ускорение возможного появления

утечки путем циклического термического воздействия на резьбовое соединение, при одновременном воздействии осевого растяжения, сжатия, изгиба и внутреннего давления. Для последней серии механических циклических испытаний при температуре окружающей среды при TS-A, TS-B и TS-C, температура испытательного образца резьбового соединения должна быть менее 95 °F (35 °C).

ДА.5.10.2 Аппаратура

Изменение температуры для механических и термоциклических испытаний может быть обеспечено любыми средствами, способными равномерно изменить температуру резьбового соединения в границах температурных пределов испытания. Необходимо избегать воздействия на испытательный образец значительно более высоких температур, чем требуемые по методу испытания.

Применяемое нагрев и охлаждение должны равномерно распределяться по муфте или резьбовому соединению, при необходимости.

На каждом образце должно быть использовано минимум две термопары. Обе термопары должны находиться в центре муфты для резьбовых соединений и соединений с муфтами (T&C) и в центре резьбового соединения для раструбных соединений. Термопары должны располагаться на расстоянии 180° (сверху и снизу для горизонтально ориентированных испытаний). Необходимо следить, чтобы измеряемая температура не зависела от колебаний температуры вблизи термопары и чтобы измеренная температура была показательной для всего резьбового соединения. Дополнительные термопары можно использовать по усмотрению заказчика или изготовителя для измерения, контроля или справочного измерения.

При TS-A, TS-B и TS-C во время испытаний при повышенной температуре показания термопар должны находиться в пределах ± 27 °F (15 °C) установленной повышенной температуры испытаний для установленного уровня применения резьбового соединения. Временные отклонения ниже данных пределов допустимы (особенно при повышении и понижении давления); однако, выдержку не следует начинать до тех пор, пока показания температуры не достигнут допустимых пределов. Если временные отклонения ниже пределов, а период выдержки уже начался, выдержку следует продлить, чтобы соблюсти суммарное общее время выдержки вместе с температурами в пределах диапазона. Отклонения выше заданной температуры могут повлиять на эксплуатационные характеристики резьбового соединения. Если происходит случайное отклонение выше максимально допустимой температуры, его следует зафиксировать и связаться с уполномоченными лицами для получения дальнейших указаний. Температура испытательного образца – это среднее

значение из показаний всех термопар резьбового соединения. Максимальная температура испытательного образца должна быть не ниже 275 °F (135 °C) для испытания CAL II и не ниже 356 °F (180 °C) – для испытания CAL III и CAL IV.

При TS-C минимальная температура для каждого термического цикла – это среднее значение показаний двух термопар, минимальная температура должна быть не выше 125 °F (52 °C) для каждого уровня применения, без ограничения по нижней границе. Температуры для каждого из пяти циклов давления-растяжения в конце TS-C (позиция 10 на рисунке ДА.31) не должны превышать 95 °F (35 °C).

Термические и механические циклы могут следовать друг за другом непрерывно или прерываться на ночь или для ремонта оборудования.

Выявление утечек для TS-B и TS-C должно соответствовать ДА.5.7. Выявление утечек для TS-A должно соответствовать ДА.5.8. Во время циклических испытаний при повышенной температуре возможны небольшие изменения уровня воды в градуированных цилиндрах. Колебания происходят выборочно и не могут быть связаны с утечкой в резьбовом соединении, поскольку вызываются быстрыми изменениями температуры и барометрического давления.

Критерии приемки герметичного уплотнения приведены в ДА.8.3.

ДА.6 Подготовка образцов резьбовых соединений к испытаниям

ДА.6.1 Общие цели испытания резьбовых соединений

При данном методе испытаний выбор и контроль образцов резьбового соединения имеют решающее значение, поскольку метод основан на оценке образца резьбового соединения наихудшей конструкции с точки зрения комбинации зазоров и других характеристик, а не на случайном отборе одного образца из множества. При этом оценивают работоспособность резьбового соединения с учетом точности размеров, механических свойств, момента свинчивания, вида и количества резьбовой смазки. Предельные отклонения размеров установлены с учетом эксплуатационных характеристик резьбового соединения, производственных возможностей и стоимости производства. Следует учесть, что данные испытания не могут служить статистической базой для анализа рисков, и не дают конкретных указаний по применению резьбовых соединений.

Полноразмерные испытательные образцы резьбовых соединений с наихудшей комбинацией эксплуатационных характеристик изготавливают и испытывают с учетом данных чертежей, планов контроля качества, правил эксплуатации (включая нанесения резьбовой смазки) и моментов свинчивания, указанных в руководствах по испытаниям

и контролю качества. В таблице ДА.2 приведены общие цели испытаний каждого образца. В таблице ДА.3 приведены указания по выбору образцов для испытания упорных резьбовых соединений с уплотнением металл-металл и конической резьбой. Образцы резьбового соединения должны соответствовать указанным целям испытаний. Для резьбовых соединений, которые отличаются от указанных в таблице ДА.3, необходимо самостоятельно определить и документировать наихудшую комбинацию эксплуатационных характеристик, которая и будет использована для испытаний.

Т а б л и ц а ДА.2 – Цели испытания образцов резьбовых соединений для различных уровней CAL

Номер образца резьбового соединения	Цель свинчивания	Цель испытания под нагрузкой	Испытание предельной нагрузкой					
			Цель испытания	Пункт	Обозначение уровня оценки резьбового соединения ^a			
					CAL I	CAL II	CAL III	CAL IV
1	Заедание резьбы	Минимальная стойкость к утечкам ^b	Растяжение с приложением внутреннего давления, увеличивающегося до разрушения	ДА.7.5.6	LL5	LL5	LL5	LL5
2	Заедание резьбы	Минимальная стойкость к утечкам ^b	Сжатие с приложением внутреннего давления увеличивающегося до разрушения	ДА.7.5.5	-	-	LL4	LL4
3	Склонность к наибольшему заеданию в уплотнении	Минимальная стойкость к утечкам ^b	Приложение высокого внутреннего давления с растяжением, увеличивающимся до разрушения	ДА.7.5.2	-	-	LL1	LL1
4	Максимальное осевое напряжение в ниппельном элементе	Стойкость к утечке при максимальной плотности свинчивания ^b	Приложение внутреннего давления со сжатием, увеличивающимся до разрушения (CAL II) или сжатие с приложением наружного давления, увеличивающимся до разрушения (CAL III и IV)	ДА.7.5.5 (CAL II) или ДА.7.5.3 (CAL III и IV)	-	LL4	LL2	LL2
5	Максимальное сжимающее усилие муфты	Максимальная плотность свинчивания ^b	Увеличение растяжения до разрушения	ДА.7.5.4	LL3	LL3	LL3	LL3

^a Обозначения уровня оценки резьбового соединения относятся к испытанию до разрушения, см. рисунки ДА.35 или ДА.36.

^b Основная цель испытания.

Т а б л и ц а ДА.3 – Выбор образцов для испытания упорных резьбовых соединений с уплотнением металл-металл и конической резьбой

Номер образца резьбового соединения	Цель испытания	Состояние свинчивания	Натяг по резьбе	Натяг по уплотнению	Конусность резьбы ниппельного элемента	Конусность резьбы раструбного элемента	Окончательный момент свинчивания
1	Заедание в резьбе и герметичность	Минимальный натяг по уплотнению	Крайне высокий	Крайне низкий	Малая	Большая	Минимальный
2	Герметичность	Минимальный натяг по уплотнению	Крайне высокий	Крайне низкий	Малая	Большая	Минимальный
3	Заедание в уплотнении и герметичность	Максимальный натяг по резьбе	Низкий	Высокий	Большая	Малая	Максимальный
4	Герметичность	Максимальный момент в ниппельно - муфтовом соединении	Низкий	Низкий	Малая	Большая	Максимальный
5	Заедание	Максимальная общая плотность	Высокий	Высокий	Большая	Малая	Максимальный

ДА.6.2 Идентификация и маркировка испытательных образцов резьбовых соединений

Каждый испытательный образец резьбового соединения необходимо маркировать следующими данными (см. рисунок ДА.18):

a) номер испытательного образца резьбового соединения (например, 1, 2, 3, 4 или 5) должен быть указан на ниппельных и раструбных элементах резьбового соединения, в том числе на муфте (при ее наличии);

b) после номера испытательного образца резьбового соединения необходимо указать обозначение элемента (А или В);

c) на концах муфты также необходимо указать их обозначение (А или В). Маркировка изготовителя муфты может отличаться от требуемой маркировки испытательного образца; однако, изготовитель должен представить документацию, которая соединит маркировку муфты с требуемой маркировкой испытательного образца;

d) после обозначения элемента А или В необходимо указать замененные или подвергнутые дополнительной механической обработке испытательные образцы резьбового соединения (R1 после первой доработки, R2 после второй доработки и т.д).

ДА.6.3 Подготовка испытательных образцов резьбовых соединений

ДА.6.3.1 Дополнительная и межопорная длина испытательных образцов

Испытательные образцы резьбовых соединений необходимо подготовить таким

образом, чтобы для каждого испытательного образца каждый из соединяемых элементов имел минимальную межопорную длину элемента резьбового соединения L_{pj} (см. рисунок ДА.18), рассчитываемую по формуле

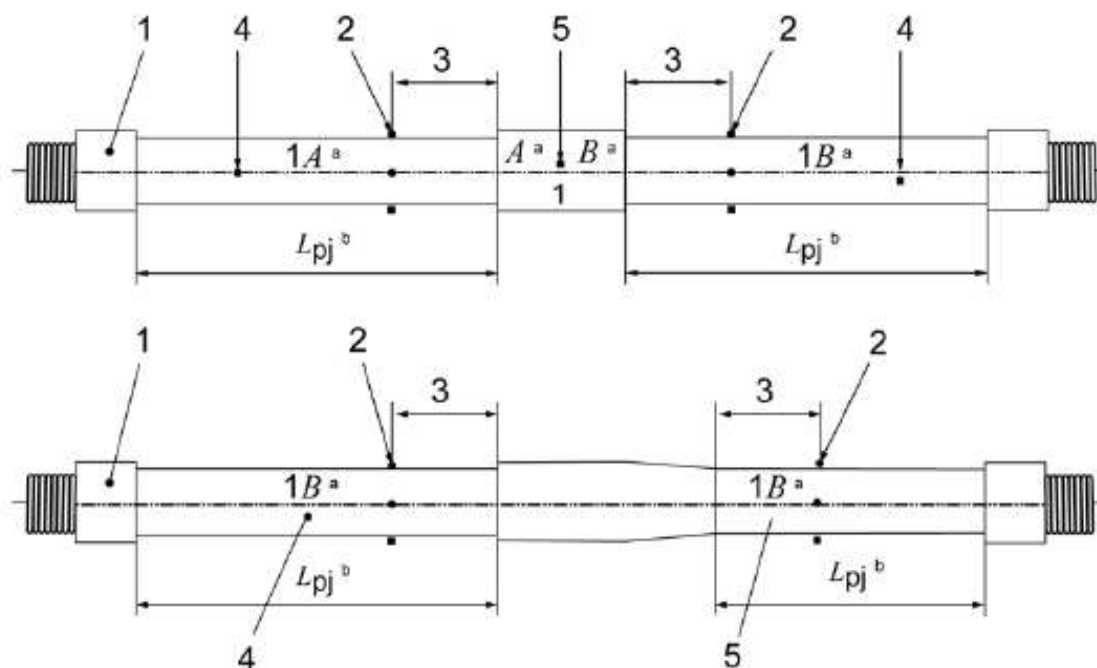
$$L_{pj} \geq D + 6\sqrt{Dt}, \quad (\text{ДА.5})$$

где D – номинальный наружный диаметр трубы, мм;

t – номинальная толщина стенки трубы, мм.

Должна быть предусмотрена дополнительная длина под заглушку и (или) крепление.

Необходимо маркировать испытательные образцы для возможности измерения толщины стенки и наружного диаметра на соответствующих длинах L_A , L_B , L_C (см. рисунок ДА.В.2) и внести их в информационный лист, см. рисунок ДА.В.5.



^a Номер испытательного образца резьбового соединения, состоящий из цифры 1, 2, 3 и т.п., и букв А или В, обозначающих элемент испытательного образца резьбового соединения или сторону муфты.

^b L_{pj} – минимальная межопорная длина элемента резьбового соединения, равная $(D + 6\sqrt{Dt})$, см. ДА.6.3.1.

1 – концевое крепление; 2 – тензодатчики для измерения изгиба; 3 – минимальное расстояние между тензодатчиками и концом резьбового соединения, равно $3\sqrt{Dt}$ (при минимальном расстоянии между тензодатчиками и концевым креплением, равно $(D + 3\sqrt{Dt})$); 4 – ниппельный элемент; 5 – раструбный элемент

Примечание – Необходимо, чтобы патрубки имели одинаковую длину.

Рисунок ДА.18 – Обозначения и межопорная длина элементов испытательного образца резьбового соединения

ДА.6.3.2 Трубы и трубные заготовки для муфт

Испытательные образцы резьбового соединения изготавливают механической обработкой труб и трубных заготовок для муфт в соответствии со стандартной практикой нарезания резьбы следующим образом:

- a) изготавливают резьбовые соединения для труб с высаженными концами из таких труб;
- b) изготавливают резьбовые соединения для труб с калиброванными концами;
- c) изготавливают резьбовые соединения для труб с ниппельными концами;
- d) снимают внутренние напряжения с ниппельных и (или) раструбных элементов перед нарезкой резьбы, если это является частью заводского процесса для серийного производства.

Допустимо, но нежелательно, изготавливать испытательные образцы резьбовых соединений из исходных заготовок путем механической обработки конца трубы, воспроизводя форму изделия. Если высаженные концы элемента резьбового соединения получают не высадкой, а механической обработкой, то форма высаженного конца, которую обычно получают не механической обработкой, и длина этого конца должны быть минимальными допускаемыми изготовителем. В таких случаях в протоколах испытаний необходимо указать, что образцы резьбового соединения изготовлены механической обработкой из толстостенных трубных заготовок.

ДА.6.3.3 Требования к материалам

Для каждой группы испытательных образцов предъявляют следующие требования:

- a) исходные заготовки для элементов А и В должны быть из одной партии;
- b) исходные трубные заготовки для муфт должны быть из одной партии;
- c) свойства материала (механические свойства и размеры) каждой исходной заготовки определяют в соответствии ДА.5.5;
- d) все материалы должны соответствовать установленным требованиям;
- e) общий интервал измеренных значений предела текучести исходной трубы при температуре окружающей среды не должен превышать 105 МПа (15 ksi);
- f) среднее значение предела текучести трубных заготовок для муфт при температуре окружающей среды не должно превышать минимального предела текучести трубы более чем на 70 МПа (10 ksi);
- g) если трубы и муфта изготовлены не из одной указанной группы прочности, то разность между пределами текучести устанавливается по согласованию между изготовителем и заказчиком.

ДА.6.3.4 Регистрация данных

Все данные необходимо указать на рисунках ДА.В.3, ДА.В.5 и ДА.В.6.

ДА.6.4 Механическая обработка испытательных образцов резьбовых соединений

Испытательные образцы резьбовых соединений изготавливают в соответствии с планом контроля процесса, разработанного изготовителем резьбовых соединений. Предельные отклонения размеров испытательных образцов резьбового соединения должны соответствовать требованиям ДА.6.5.

Профиль резьбы первого испытательного образца резьбового соединения или эквивалентный увеличенный отпечаток профиля (увеличение не менее 20^x) должны соответствовать требованиям к размерам испытательного образца резьбового соединения, указанным на чертеже. Прежде чем приступить к изготовлению испытательного образца, необходимо проверить изделие, представляющее начало партии, на полное соответствие требованиям чертежа резьбового соединения.

Профиль резьбы или эквивалентный увеличенный отпечаток профиля должен быть приведен в подробном протоколе испытаний изготовителя.

В зоне уплотнения необходимо измерить шероховатость поверхности в соответствии с требованиями чертежа резьбового соединения и внести ее в протокол испытаний. Измерения проводят после механической обработки и перед обработкой поверхности, их результаты должны соответствовать указанным на чертеже.

Выбранная обработка поверхности каждого ниппельного и раструбного элементов должна соответствовать производственной обработке поверхности элементов резьбового соединения. По согласованию, особенно в отношении материалов, чувствительных к заеданию, обработка поверхности ниппельного и раструбного элементов должна быть на минимальном (или максимальном) пределе поля отклонений в зависимости от того, что создает более трудные условия для резьбового соединения. В протоколе испытаний необходимо зафиксировать фактическую толщину обработки поверхности.

Если испытательный образец резьбового соединения получил повреждение еще до окончания испытаний, то взамен изготавливают другой образец. Изготовление и свинчивание этого заменяющего образца производится с теми же предельными отклонениями, что и поврежденного образца, после чего необходимо повторить весь объем испытаний, необходимый для исходного образца. После первой доработки заменяющее или доработанное резьбовое соединение маркируют знаком R1 после букв А и В, после второй доработки – знаком R2 и т.д.

Все данные, которые следует документально зафиксировать на рисунке ДА.В.6,

могут быть указаны в процентах от предельных отклонений измеряемого размера, например, 0 % является минимальным значением поля предельных отклонений размера, а 100 % – максимальным значением поля предельных отклонений. При этом фактические измеренные значения должны быть зарегистрированы в документах изготовителя. Необходимо учитывать, что 50 % является серединой поля предельных отклонений. Овальность основного уплотнения резьбового соединения указывается в виде числового значения или в процентах.

ДА.6.5 Предельные отклонения размеров при механической обработке

ДА.6.5.1 Выбор наилучшего сочетания размеров

Фактические размеры резьбового соединения, получаемые механической обработкой, зависят от вида резьбового соединения. Для резьбовых соединений с характеристиками, не указанными в таблице ДА.3, или другими рекомендуемыми предельными отклонениями, изготовитель должен представить объективные свидетельства того, что испытанию подвергается резьбовое соединение с сочетанием предельных значений размеров, при котором имеют место наилучшие эксплуатационные характеристики, что может быть определено аналитическим, расчетным (например методом конечных элементов FEA) и (или) экспериментальным методом, например при помощи тензодатчиков.

При выборе наилучшего сочетания размеров изготовитель должен принимать во внимание минимальный и максимальный пределы контактного давления в локальном уплотнении, суммарную контактную нагрузку и суммарную активную длину контакта в уплотнении, на что влияют параметры механической обработки. В муфтовых резьбовых соединениях Т&С стороны А и В должны быть механически обработаны до получения одинаковых размеров.

В таблице ДА.2 приведены требуемые полноразмерные испытательные образцы для испытаний CAL. В таблице ДА.3 приведены рекомендации по выбору образцов для испытания упорных резьбовых соединений с уплотнением металл-металл и конической резьбой. В таблице ДА.4 приведены предельные отклонения размеров натягов металлического уплотнения и резьбы, а в таблице ДА.5 приведены предельные отклонения конусности резьбы. На рисунке ДА.19 представлено схематическое описание диапазонов натягов испытательных образцов.

При выборе наилучшего сочетания размеров при механической обработке, в числе прочих, имеют значение предельные отклонения следующих характеристик:

- a) диаметры уплотнений;
- b) конусность резьбы;

- с) ширина торца ниппельного элемента;
- d) диаметры резьбы;
- e) шероховатость поверхности.

Предельные отклонения резьбовых соединений, применяемые по отношению к испытательному образцу, создают определенную устойчивость характеристик в программе испытаний и могут оцениваться вместе с вероятностью возникновения этих событий. Методы количественной оценки рисков можно применять для оценки вероятности событий, связанных с условиями испытаний.

ДА.6.5.2 Пример выбора предельных отклонений размеров при механической обработке

В качестве примера, возьмем упорное резьбовое соединение с конической резьбой, уплотнением металл-металл и упорным торцом на ниппельном элементе. В таблице ДА.3 приведены комбинации диаметров уплотнения и резьбы, конусности резьбы и окончательных моментов свинчивания, при которых имеет место наихудшее сочетание эксплуатационных характеристик, соответствующее цели испытания по таблице ДА.2. В данном случае, изготовитель должен изготовить элементы резьбового соединения с предельными отклонениями размеров, указанными в таблице ДА.4, если только анализ по ДА.6.5.1 не покажет, что необходимо испытывать резьбовое соединение с другими предельными отклонениями.

Для каждого резьбового соединения и каждого натяга (резьбы или уплотнения), как минимум один из диаметров элементов отдельных компонентов соединения (ниппеля или муфты) должен находиться в пределах его проектных предельных отклонений. Дополнительно данный элемент должен находиться в пределах 25 % диапазона проектных предельных отклонений при установленной предельной величине. При необходимости другой диаметр может быть за пределами проектных предельных отклонений, пока натяг сборки соответствует установленному натягу комбинации ниппеля и муфты (см. таблицу ДА.4).

Т а б л и ц а ДА.4 – Предельные отклонения натяга

Натяга ^а	Предельные отклонения натяга	
	минимальное	максимальное
Максимальный натяг образца (Н)	$I_{\max} - \max \left[\begin{array}{l} 0,002 \text{ дюйма (0,0508 мм)} \\ 25 \% \times I_{\text{range}} \end{array} \right]$	Без ограничений
Предельный максимальный натяг образца (ХН)	$I_{\max} - \max \left[\begin{array}{l} 0,001 \text{ дюйм (0,0254 мм)} \\ 5 \% \times I_{\text{range}} \end{array} \right]$	Без ограничений
Минимальный натяг образца (L)	Без ограничений	$I_{\min} + \max \left[\begin{array}{l} 0,002 \text{ дюйма (0,0508 мм)} \\ 25 \% \times I_{\text{range}} \end{array} \right]$
Предельный минимальный натяг образца (XL)	Без ограничений	$I_{\min} + \max \left[\begin{array}{l} 0,001 \text{ дюйм (0,0254 мм)} \\ 5 \% \times I_{\text{range}} \end{array} \right]$

^а Тот же принцип применяется по отношению к натягу уплотнения и резьбы.

Т а б л и ц а ДА.5 – Предельные отклонения конусности резьбы^а

Конусность резьбы	Плюсовое (+) предельное отклонение	Минусовое (-) предельное отклонение
Максимальная (большая)	Не ограничено	0,001 дюйм/дюйм (0,025 мм на 25,4 мм)
Минимальная (малая)	0,001 дюйм/дюйм (0,025 мм на 25,4 мм)	Не ограничено

^а Предельные отклонения конусности относятся к каждому указанному интервалу на всей длине резьбы.

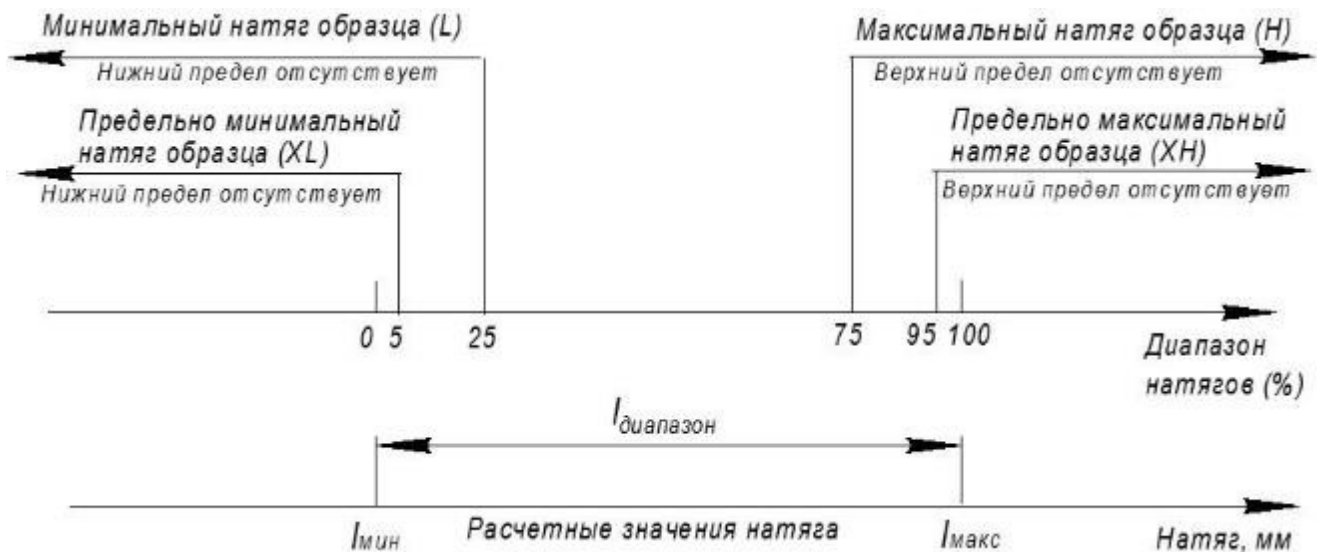


Рисунок ДА.19 – Схематическое описание диапазона натягов испытательного образца

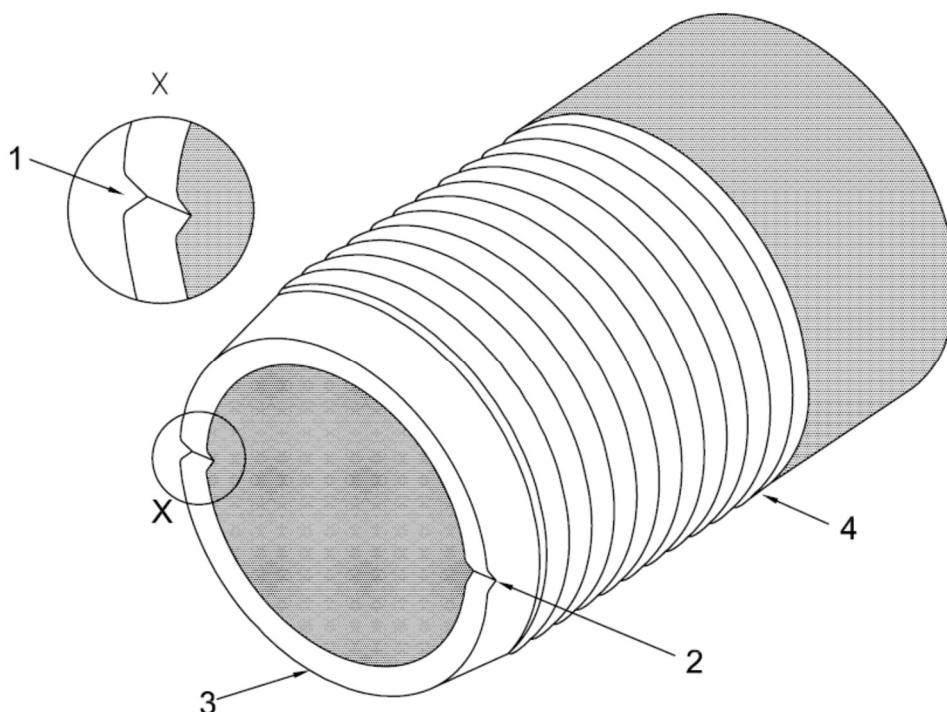
ДА.6.6 Упорный торец с канавками

При испытаниях упорных резьбовых соединений на упорном торце ниппельного элемента А (торце В раструбного соединения) испытательных образцов резьбовых соединений выполняются канавки в соответствии с рисунком ДА.20, которые имитируют возможные повреждения при погрузочно-разгрузочных операциях, при эксплуатации резьбовых соединений в полевых условиях. Канавки наносят в любой момент до

окончательного свинчивания (FMU). Другие концы образца также могут иметь упорные торцы с канавками.

При испытаниях с уплотнениями другого типа наличие канавок на упорном торце является предметом согласования между заказчиком и изготовителем. В полный протокол испытаний, указанный в приложении ДА.С, необходимо включить обоснование отсутствия канавок. Однако в том случае, когда допускается обработка упорного торца в полевых условиях, канавку следует включить в схему испытаний резьбового соединения.

На рисунке ДА.20 кромки у канавок 1 и 2 должны быть скруглены во избежание возможного заедания. Канавки не должны выходить на поверхность металлического уплотнения ниппельного элемента.



1 – канавка глубиной не менее 0,008 дюйма (0,2 мм); 2 – канавка глубиной не менее 0,008 дюйма (0,2 мм) на противоположной стороне; 3 – упорный торец; 4 – витки резьбы

Рисунок ДА.20 – Канавки на упорном торце

ДА.7 Процедуры испытаний

ДА.7.1 Основные положения

При описанных ниже процедурах испытаний резьбовое соединение с наихудшей конструкцией подвергают воздействию диапазона испытательных нагрузок и предельных нагрузок для тела трубы или резьбового соединения (в зависимости от того, что меньше).

В таблице ДА.6 приведен перечень процедур испытаний для каждого испытательного образца резьбового соединения в соответствии с целями испытания по таблице ДА.2 и с учетом натяга по уплотнению, условиями свинчивания-развинчивания, а также испытаниями серий А, В или С и LL (предельными нагрузками до разрушения). В таблице ДА.3 приведена дополнительная информация по отбору испытательных образцов для резьбовых соединений с уплотнением металл-металл.

ДА.7.2 Испытания на свинчивание-развинчивание

ДА.7.2.1 Принципы испытаний

Целью программы испытаний является оценка чувствительности к заеданию конструкции резьбового соединения. Другая цель программы состоит в проведении испытаний на герметичность на концах испытательного образца, которые были собраны однократно, и на других концах испытательного образца, которые были подвергнуты циклам свинчивания и развинчивания. Таким образом, некоторые концы испытательного образца проходят испытания на свинчивание и развинчивание согласно ДА.7.2.2 (MBG) с последующим заданным окончательным свинчиванием FMU согласно ДА.7.2.3. Другие концы испытательного образца подвергаются только одному свинчиванию (FMU) согласно ДА.7.2.3.

Все первоначальные и промежуточные свинчивания при испытаниях MBG должны выполняться до максимального момента свинчивания при минимальном количестве резьбовой смазки. Окончательное свинчивание FMU перед испытанием TLE выполняется при максимальном количестве смазки, нанесенной на все резьбовые соединения, а момент свинчивания при этом должен соответствовать требованиям таблицы ДА.6.

Для резьбовых соединений с уплотнением по резьбе окончательное свинчивание FMU перед испытанием TLE выполняется с минимальным количеством резьбовой смазки и с приложением минимального или максимального момента в соответствии с рисунками ДА.4 – ДА.7 и таблицей ДА.6.

В окончательный протокол необходимо включить оценку заедания с приложением фотоснимков мест заедания после первого заедания до и после ремонта, отремонтированных поверхностей после следующего развинчивания и после окончательного развинчивания.

Для резьбовых соединений, не включенных в таблицу ДА.6, изготовитель должен самостоятельно выбрать количество резьбовой смазки и величину момента свинчивания в соответствии с техническими требованиями, указанными на рисунках ДА.4 – ДА.7. Резьбовые соединения с уплотнением по резьбе и резьбовые соединения

большого диаметра могут испытываться с использованием соответствующих данных таблицы ДА.6.

ДА.7.2.2 Испытания на свинчивание-развинчивание и на заедание (MBG) (элементы А и В)

Перед началом испытаний на свинчивание-развинчивание проводят пробные испытания свинчиванием, которые используют для калибровки настроек разгрузочного клапана на оборудовании для свинчивания. Это увеличивает возможность достижения требуемого окончательного момента свинчивания во время испытания на свинчивание-развинчивание. Более высокие обороты в минуту, используемые при свинчивании резьбового соединения, могут увеличить диапазон предельных отклонений в отношении расчетного момента.

Свинчивание и развинчивание концов испытательных образцов резьбовых соединений выполняется следующим образом:

- a) общие указания по свинчиванию-развинчиванию приведены в ДА.5.6;
- b) указывают геометрические параметры образца резьбового соединения на рисунке ДА.В.6;
- c) элементы резьбового соединения должны быть чистыми и сухими, необходимо зарегистрировать массу нанесенной на них резьбовой смазки;
- d) свинчивают резьбовые соединения в соответствии с таблицей ДА.6, с нанесением указанного количества резьбовой смазки и приложением указанного момента свинчивания;
- e) после каждого развинчивания необходимо очистить, осмотреть и сфотографировать ниппельный и раструбный элемент в соответствии с ДА.5.6;
- f) указания по окончательному свинчиванию FMU приведены в ДА.7.2.3.

П р и м е ч а н и е – Все раструбные соединения имеют элементы В и не имеют элементов А.

ДА.7.2.3 Окончательное свинчивание (элементы А и В)

Окончательное свинчивание выполняется следующим образом:

- a) общие указания по свинчиванию-развинчиванию приведены в ДА.5.6;
- b) указывают геометрические параметры резьбового соединения на рисунке ДА.В.6;
- c) элементы резьбового соединения должны быть чистыми и сухими, необходимо зарегистрировать массу нанесенной на них резьбовой смазки;
- d) свинчивают резьбовые соединения в соответствии с таблицей ДА.6, с нанесением указанного количества резьбовой смазки и приложением указанного момента свинчивания;

Т а б л и ц а ДА.6 – Описание образца резьбового соединения и перечень испытаний упорных соединений с конической резьбой и уплотнением металл-металл

Описание испытательного образца резьбового соединения ^c			Резьбовая смазка		Момент		Свинчивание-развинчивание	CAL IV				CAL III				CAL II			CAL I			
№ образца	Натяг		MBG Элемент А или В	FMU Элемент А или В	MBG Элемент А или В	FMU Элемент А или В	MBG Элемент А/В	Серия испытаний				Серия испытаний				Серия испытаний			Серия испытаний			
	Резьба	Уплотнение ^d						А	В	С	LL	А ^a	В	С	LL	А	В	LL	А	В	LL	
1	XH	XL	L	H	H	L	N / Y	A	B	C	LL5	A	B	C	LL5	A	B	LL5	A	B	LL5	
2	XH	XL	-	H	-	L	N / N	A	B	C	LL4	-	B	-	LL4	-	-	-	-	-	-	
3	L	H	L	H	H	H	Y / N	A	B	C	LL1	-	B	-	LL1	-	-	-	-	-	-	
4	L	L	L	H	H	H	N / Y	A	B	C	LL2	A	B	C	LL2	-	B	LL4	-	-	-	
5	H	H	L	H	H	H	Y / Y	-	-	-	LL3	-	-	-	LL3	-	-	LL3	-	-	LL3	
Циклы свинчивания и развинчивания для каждого полноразмерного испытательного образца																						
№ образца	Обсадные трубы		Насосно-компрессорные трубы		Сумма элементов А и В образцов для каждого свинчивания-развинчивания	Заедание при свинчивании-развинчивании – элемент А	MBG	С резьбой и муфтой – 2 Неразъемное – отсутствует	С резьбой и муфтой – 2 Неразъемное – отсутствует	С резьбой и муфтой – 1 Неразъемное – отсутствует	С резьбой и муфтой – 1 Неразъемное – отсутствует											
	Элемент А	Элемент В	Элемент А	Элемент В																		
1	-	2	-	9																		
2	-	-	-	-																		
3	2	-	9	-		MBG	С резьбой и муфтой – 3 Неразъемное – 3	С резьбой и муфтой – 3 Неразъемное – 3	С резьбой и муфтой – 3 Неразъемное – 3	С резьбой и муфтой – 2 Неразъемное – 2												
4	-	2	-	9																		
5	2	2	9	9		FMU	С резьбой и муфтой – 10 Неразъемное – 5	С резьбой и муфтой – 10 Неразъемное – 5	С резьбой и муфтой – 6 Неразъемное – 3	С резьбой и муфтой – 4 Неразъемное – 2												
Общее количество испытательных образцов для каждого класса испытаний								5				5				3			2			
<p>Y – да; N – нет; MBG – испытание образца на заедание при свинчивании-развинчивании (см. ДА.7.2.2); FMU – образец резьбового соединения в состоянии после окончательного свинчивания (см. ДА.7.2.3); H – максимальное значение, рекомендуемое изготовителем^b; XH – предельное максимальное значение, рекомендуемое изготовителем^b; L – минимальное значение, рекомендуемое изготовителем^b; XL – предельное минимальное значение, рекомендуемое изготовителем^b; LL – испытание при предельной нагрузке (до разрушения) (см. ДА.7.4 и таблицу ДА.2)</p> <p>^a Для CAL III испытания серии А проводятся при температуре окружающей среды и при повышенной температуре без циклических повторений QI – QIII.</p> <p>^b Предельные отклонения по натягу образца указаны в ДА.6.5.2 и таблицах ДА.4 и ДА.5; предельные отклонения по резьбовой смазке указаны в ДА.5.6.2; предельные отклонения по моменту свинчивания указаны в ДА.5.6.3.</p> <p>^c Для соединений с резьбой и муфтой элементы А должны иметь ту же конфигурацию, что и элементы В, описанные выше.</p>																						

ГОСТ ISO 13679 – 20

(Проект, окончательная редакция)

^d Состояние натяга уплотнения, определяемое локальным давлением контакта уплотнения или общей нагрузкой на контакт уплотнения, т.е. общее давление на контакт.

П р и м е ч а н и е – Резьба раструбного соединения обозначена как резьба элемента В.

е) результаты испытаний записывают в перечень данных по свинчиванию-развинчиванию в соответствии с рисунками ДА.В.4 и ДА.В.6.

ДА.7.3 Испытания при комбинированных нагрузках

ДА.7.3.1 Расчет диапазона испытательных нагрузок

ДА.7.3.1.1 Общие положения

Для обеспечения несущей способности тела трубы и работоспособности критического сечения резьбового соединения испытание образцов по настоящему стандарту проводят при столь высоких нагрузках или комбинациях нагрузок, насколько это практически безопасно. Поэтому для каждого испытательного образца следует применять следующие различные определения нагрузки.

Если диапазон оценки резьбовых соединений СЕЕ с муфтами менее эталонных границ тела трубы из-за коэффициента, отличающегося от фактического предела текучести материала (см. ДА.7.3.1.3), то диапазон испытательных нагрузок TLE должен составлять 100 % от диапазона оценки резьбового соединения СЕЕ. Для раструбных соединений максимальные осевые нагрузки ограничены критическими сечениями (а не телом трубы), тогда: если диапазон оценки резьбового соединения СЕЕ определяется как 100 % от критического сечения, умноженного на фактический предел текучести, применяется ограничение 90 % по осевым нагрузкам; если диапазон оценки резьбового соединения СЕЕ ограничен по осевым нагрузкам, за исключением коэффициента, отличного от фактического предела текучести материала и критического сечения (см. ДА.7.3.1.3), то диапазон испытательных нагрузок TLE должен составлять 100 % от диапазона оценки резьбового соединения СЕЕ.

ДА.7.3.1.2 Эталонные границы тела трубы испытательного образца (при температуре окружающей среды и при повышенной температуре)

ДА.7.3.1.2.1 Общие положения

Расчет эталонных границ тела трубы при температуре окружающей среды требуется для каждого испытательного образца в соответствии с ДА.4.2, и используется на рисунках с ДА.21 по ДА.32. Для определения эталонных границ тела трубы при температуре окружающей среды необходимо рассчитать серию осевых нагрузок относительно эталонных кривых давления. Эталонные границы тела трубы при температуре окружающей среды для каждого испытательного образца получают из кривых фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу, по API, и комбинации эталонных кривых для наружного давления. Для упрощения процесса эталонные кривые, которые применяют для наружного давления, размещают на эталонных границах тела трубы в совокупности.

Для описания методики использования уравнений ISO 10400 или [1] в рамках настоящего стандарта см. ДА.Д.3.1 – ДА.Д.3.5 (кривые 1^а – 5^а).

ДА.7.3.1.2.2 Эталонные кривые тела трубы на основании установленных исходных параметров API

Для испытательных образцов первые три эталонные кривые не меняются, так как они являются кривыми установленных или номинальных исходных параметров API. Данные эталонные кривые рассчитываются следующим способом:

а) кривая VME номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (кривая 1^а) – для расчета кривой необходимо использовать ISO 10400 или [1]. Исходными параметрами являются установленный минимальный предел текучести SMYS, номинальный наружный диаметр, номинальная толщина стенки, и 87,5 % номинальной толщины стенки (для минимальной толщины стенки). Кривая номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды должна быть показана в виде непрерывных границ.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который относится к трехосному пределу текучести тела трубы;

б) кривая номинального смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 2^а) – для расчета кривой необходимо использовать ISO 10400 или [1] с применением установленного минимального предела текучести SMYS, номинального наружного диаметра и номинальной толщины стенки в качестве исходных параметров.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который относится к сопротивлению наружному давлению;

с) кривая собственного высокого смятия при температуре окружающей среды (кривая 3^а) – кривая, при необходимости масштабируемая по одной оси по сравнению с кривой номинального смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 2^а) с использованием в качестве коэффициента масштабирования отношения между высоким давлением смятия и номинальным давлением смятия по API по одной оси при температуре окружающей среды.

ДА.7.3.1.2.3 Эталонные кривые тела трубы на основании измеренных исходных параметров

Для испытательных образцов две оставшиеся эталонные кривые будут меняться, поскольку они являются функцией измеренных исходных параметров. Данные эталонные кривые рассчитываются следующим способом:

а) кривая VME фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (кривая 4^а) – для расчета кривой каждого

испытательного образца резьбового соединения необходимо использовать ISO 10400 или [1], с применением минимального значения характеристик среди двух патрубков: фактического минимального предела текучести AMYS согласно ДА.5.5.2.5, минимальной толщины стенки (для кольцевого напряжения) согласно ДА.5.5.3.2 и минимальной средней толщины стенки (для осевых нагрузок) согласно ДА.5.5.3.3; и максимального значения характеристик среди двух патрубков для максимального среднего наружного диаметра согласно ДА.5.5.3.4. Кривая VME фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды для каждого испытательного образца должна быть показана в виде непрерывного диапазона эквивалентного напряжения по фон Мизесу.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который относится к трехосному пределу текучести тела трубы;

b) кривая фактического смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 5^a) – для расчета кривой каждого испытательного образца необходимо использовать ISO 10400 или [1] с применением минимального значения характеристик среди двух патрубков: фактического установленного предела текучести при температуре окружающей среды согласно ДА.5.5.3.3; и максимального значения характеристик среди двух патрубков: максимального среднего наружного диаметра согласно ДА.5.5.3.4.

Примечание – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который относится к сопротивлению наружному давлению.

ДА.7.3.1.2.4 Эталонные границы тела трубы при повышенной температуре

Расчет эталонных границ тела трубы при повышенной температуре требуется для каждого испытательного образца согласно ДА.4.2 и используется на рисунках ДА.28 и ДА.32. Для определения эталонных границ тела трубы при повышенной температуре необходимо рассчитать серию эталонных кривых осевой нагрузки от давления. Эталонные кривые при повышенной температуре окончательно не изучены и находятся в стадии изучения промышленностью. В соответствии с настоящим стандартом их следует масштабировать из их соответствующей эталонной кривой при температуре окружающей среды. Альтернативные методы масштабирования могут быть использованы при расчете эталонных границ тела трубы при повышенной температуре, если они документально зафиксированы в ISO 10400 или [1], или их можно представить как экспериментальное доказательство и подробно включить в план испытаний.

Поскольку коэффициент масштабирования для всех эталонных кривых при повышенной температуре является функцией фактического заданного предела

текущей AMYS, данные кривые необходимо рассчитывать отдельно для каждого испытательного образца. Эталонные границы тела трубы при повышенной температуре для каждого испытательного образца получают из комбинации данных эталонных кривых. Для упрощения процесса, эталонные кривые, которые применяются для наружного давления, должны размещаться на эталонных границах тела трубы в их совокупности:

a) кривая VME номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при повышенной температуре (кривая 1^e) – кривая должна быть подвергнута двухосному горизонтальному масштабированию от кривой VME номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (кривая 1^a) с применением коэффициента масштабирования при повышенной температуре (K_{temp}), см. ДА.5.5.2.6. Кривая VME номинального эквивалентного напряжения по фон Мизесу при повышенной температуре должна быть показана в виде непрерывных границ VME;

b) кривая номинального смятия по API при повышенной температуре (кривая 2^e) – кривая должна быть подвергнута двухосному горизонтальному масштабированию от кривой номинального смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 2^a) с применением коэффициента масштабирования при повышенной температуре (K_{temp}), см. ДА.5.5.2.6;

c) кривая собственного высокого смятия при повышенной температуре (кривая 3^e) – кривую должен определить изготовитель трубы, стойкой к наружному сминающему давлению. Коэффициент окончательного масштабирования от кривой 3^a следует документально зафиксировать;

d) кривая VME фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при повышенной температуре (кривая 4^e) – кривую необходимо подвергнуть двухосному горизонтальному масштабированию от кривой фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при температуре окружающей среды (кривая 4^a) с применением коэффициента масштабирования при повышенной температуре (K_{temp}), см. ДА.5.5.2.6. Кривая VME фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу при повышенной температуре должна быть показана в виде непрерывных границ VME;

e) кривая фактического смятия API при повышенной температуре (кривая 5^e) – кривую необходимо подвергнуть двухосному горизонтальному масштабированию от кривой фактического смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 5^a) с применением коэффициента масштабирования при повышенной температуре (K_{temp}) см. ДА.5.5.2.6.

ДА.7.3.1.3 СЕЕ испытательных образцов (при температуре окружающей

среды и при повышенной температуре)

Расчет СЕЕ (диапазона оценки резьбового соединения) при температуре окружающей среды и при повышенной температуре требуется для каждого испытательного образца согласно ДА.4.2.

Изготовитель несет ответственность за определение СЕЕ при температуре окружающей среды и при повышенной температуре для каждого испытательного образца на основании конструкции резьбового соединения, измеренных размеров и предела текучести материала. СЕЕ может быть ограничен телом трубы или эксплуатационными характеристиками резьбового соединения. Если СЕЕ ограничивается эксплуатационными характеристиками тела трубы, то СЕЕ основывается на пределе текучести материала. Если СЕЕ меньше эталонных границ тела трубы, изготовитель должен отразить его в документах (для каждой точки СЕЕ, определенной в таблице ДА.7), независимо, основано ли ограничение СЕЕ на пределе текучести материала или на каком-то другом факторе. Учитывая данную информацию о СЕЕ, можно определить коэффициенты масштабирования для диапазона испытательных нагрузок (TLE).

СЕЕ при температуре окружающей среды и при повышенной температуре не должны превышать кривых фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу тела трубы (кривые 4^а и 4^е) для каждого испытательного образца согласно ДА.7.3.1.3. Изготовитель может ограничить СЕЕ, основанный на эталонных кривых смятия тела трубы для каждого испытательного образца в соответствии с ДА.7.3.1.3. Если СЕЕ^а при температуре окружающей среды определяется кривой номинального смятия по API при температуре окружающей среды (кривая 2^а) или кривой собственного высокого смятия при температуре окружающей среды (кривая 3^а), то изготовитель может ограничить сжимающую нагрузку СЕЕ^а при температуре окружающей среды в QIII до коэффициента сжатия тела трубы, основанном на установленном минимальном пределе текучести материала, номинальной толщине стенки и номинальном наружном диаметре.

ДА.7.3.1.4 Диапазон испытательных нагрузок испытательного образца (при температуре окружающей среды и при повышенной температуре)

Расчет TLE при температуре окружающей среды и при повышенной температуре требуется для каждого испытательного образца в соответствии с ДА.4.2.

Необходимо учитывать, что допущения о смятии при повышенной температуре и фактическом смятии по API находятся за пределами области применения ISO 10400 или [1].

Для точек приложения нагрузки при температуре окружающей среды, указанных

(Проект, окончательная редакция)

в таблице ДА.7, и требующих 80 % двухосного масштабирования, коэффициент масштабирования СЕЕ остается 80 %, независимо от того, ограничен ли СЕЕ пределом текучести материала или другим фактором. Для точек приложения нагрузки под внутренним давлением, указанных в таблице ДА.7, если СЕЕ является функцией предела текучести материала, то TLE при температуре окружающей среды и при повышенной температуре необходимо подвергнуть горизонтальному масштабированию, как процентное отношение СЕЕ (90 % или 95 %, в зависимости от того, что применимо) как при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре. Однако, осевые нагрузки (растяжение и сжатие) необходимо ограничить при 90 % СЕЕ.

Для точек приложения нагрузки, указанных в таблице ДА.7, если СЕЕ не является кривой предела текучести материала, то TLE при температуре окружающей среды и при повышенной температуре должен быть 100 % СЕЕ, за исключением точек приложения нагрузки, масштабированных до 80 % СЕЕ, который тоже должен оставаться масштабированным до 80 %.

Для всех точек приложения нагрузки под наружным давлением, указанных в таблице ДА.7, если СЕЕ является кривой предела текучести материала, то TLE должен подвергаться двухосному горизонтальному масштабированию, как процентное отношение СЕЕ (90 %, 95 % или 100 %, в зависимости от того, что применимо) при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. Однако, осевые нагрузки (растяжение и сжатие) необходимо ограничить при 90 % СЕЕ. Для каждой точки СЕЕ, указанной в таблице ДА.7, если наружное давление определяется по кривой фактического смятия по API или по кривой фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу, то коэффициент двухосного масштабирования должен быть 90 % или 95 % (в зависимости от того, что применимо). Для каждой точки СЕЕ, указанной в таблице ДА.7, если наружное давление определяется по кривой номинального смятия по API или по кривой собственного высокого смятия, то коэффициент двухосного масштабирования должен быть 100 % (без масштабирования). Может потребоваться оценка сложных эталонных кривых для каждой точки СЕЕ, указанной в таблице ДА.7 для того, чтобы определить, какая эталонная кривая образует наивысшую точку приложения нагрузки TLE.

Если СЕЕ^а при температуре окружающей среды определяется по кривой номинального смятия по API (кривая 2^а) или по кривой собственного высокого смятия при температуре окружающей среды (кривая 3^а), и изготовитель выбирает ограничение сжимающей нагрузки СЕЕ^а в QIII коэффициента сжатия тела трубы, на основании

установленного минимального предела текучести материала, номинальной толщины стенки и номинального наружного диаметра, то сжимающая нагрузка TLE должна быть 100 % сжимающей нагрузки CEE^a.

См. рисунки с ДА.4 по ДА.7 о порядке испытаний.

Каждый TLE включает, как минимум, соответствующие точки приложения нагрузки при температуре окружающей среды и при повышенной температуре для каждой серии испытаний, как указано в таблице ДА.7. Для каждого испытательного образца должны быть представлены отдельные схемы TLE, как для температуры окружающей среды, так и для повышенной температуры для каждой серии испытаний.

Каждый испытательный образец следует протестировать до 100 % нагрузок, указанных в TLE. Оценку результатов испытаний см. ДА.5.3.2.

На рисунках ДА.21 – ДА.24 приведены примеры двух различных типов стандартных диапазонов испытательных нагрузок TLE. На рисунках ДА.25 – ДА.32 показано несколько примеров диапазонов испытательных нагрузок TLE для TS-A и TS-B при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. Другие типы диапазонов испытательных нагрузок также возможны и допустимы. Схемы TLE должны быть показаны на трехосном графике предела текучести тела трубы испытательных образцов, рассчитанном в соответствии с ISO 10400 или [1], но не до процентного отношения минимальных заданных одноосных параметров. Изготовитель несет ответственность за достоверность данных испытаний и определение минимального диапазона эксплуатационных характеристик резьбового соединения.

П р и м е ч а н и е – В ISO 10400 или [1] см. раздел, который относится к трехосному пределу текучести тела трубы.

ДА.7.3.2 Принципы и руководство

ДА.7.3.2.1 Принципы испытаний

Если все испытательные образцы прошли этапы нагрузки без утечки в резьбовом соединении для предписанных испытаний TS-A, TS-B, TS-C при предельных нагрузках, следовательно, конструкция резьбового соединения удовлетворяет требованиям настоящего стандарта по TLE для указанного CAL.

Резьбовое соединение соответствует установленному уровню оценки 90 %, если все испытания, проведенные на уровне 90 %, завершены успешно, а следующие испытания, проведенные на уровне 95 %, завершены неудачно. Если все испытания, проведенные на уровнях 90 % и 95 %, прошли успешно, резьбовое соединение соответствует установленному уровню оценки 95 %. Требования к испытаниям и последовательность испытаний приведены на рисунках ДА.4 – ДА.7. Если

(Проект, окончательная редакция)

испытательный образец разрушился на уровне 95 % и не позволяет продолжать испытания при предельных нагрузках, следует изготовить замещающий испытательный образец для завершения испытаний. Для замещающего испытательного образца необходимо использовать указанное FMU и нагрев данного образца, однако, испытание на герметичность не требуется перед испытаниями на предельные нагрузки.

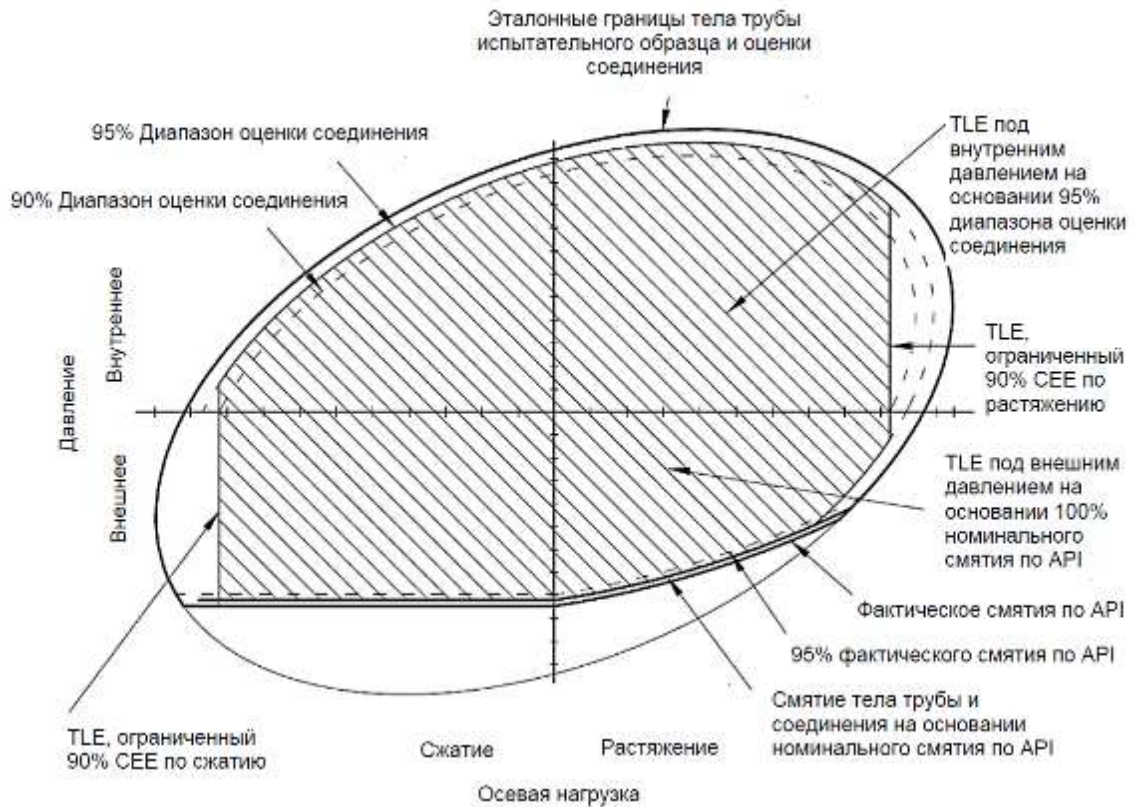


Рисунок ДА.21 – Пример диапазона испытательных нагрузок, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают, и TLE на основании 95 % оценки резьбового соединения для внутреннего давления и 100 % фактического смятия по API для наружного давления

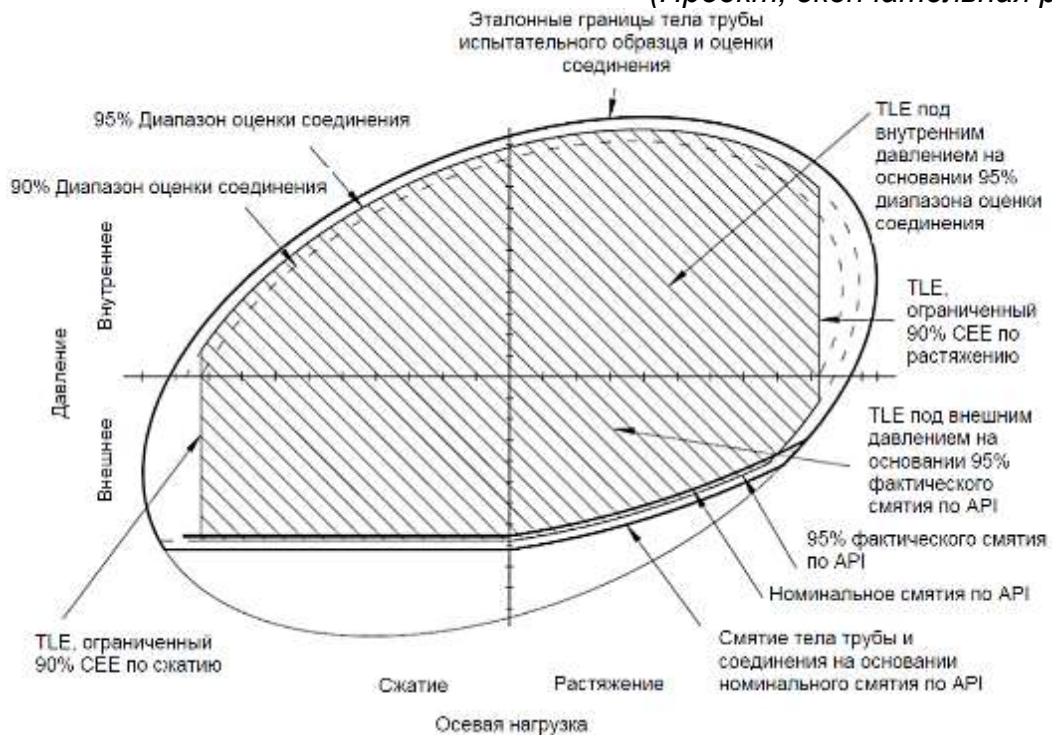


Рисунок ДА.22 – Пример диапазона испытательных нагрузок, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают, и TLE на основании 95 % оценки резьбового соединения для внутреннего давления и 95 % фактического смятия по API для наружного давления



Рисунок ДА.23 – Пример диапазона испытательных нагрузок, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения не совпадают, и TLE на основании 95 % CEE для внутреннего давления и комбинации 100 % номинального смятия по API и 95 % фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу для наружного давления

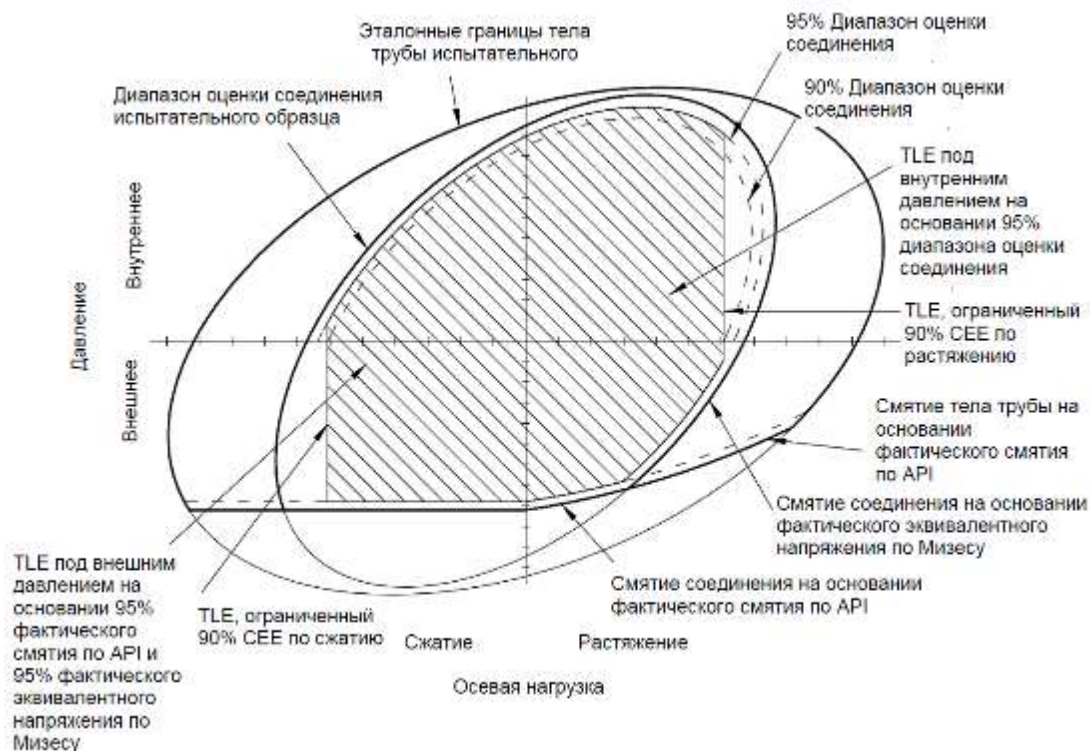


Рисунок ДА.24 – Пример диапазона испытательных нагрузок, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения не совпадают, и TLE на основании 95 % СЕЕ для внутреннего давления и комбинации 95 % фактического смятия по API и 95 % фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу для **наружного** давления

ДА.7.3.2.2 Руководство по испытаниям

Испытательные нагрузки должны составлять 100 % от TLE. Изготовитель несет ответственность за полное определение диапазонов оценки резьбового соединения СЕЕ. В таблице ДА.7 приведены точки приложения нагрузки, которые следует использовать для создания таблицы испытательных нагрузок для каждой серии испытаний. При расчете эталонных границ тела трубы можно использовать приложение ДА.D.

При комбинированных испытаниях под нагрузкой общая осевая нагрузка F_a является суммой осевой нагрузки на нагрузочную раму F_f плюс эквивалентное осевое усилие изгиба F_b плюс осевая нагрузка, вызванная давлением (при наличии). Кроме данных, необходимых в соответствии с настоящим стандартом, изготовитель должен зарегистрировать и указать в протоколе другие сведения, которые он сочтет существенными для этого испытания. Для регистрации утечек, возникших в ходе испытания, используют форму, приведенную на рисунках ДА.В.8 и ДА.В.9.

Серию испытаний следует проводить последовательно через этапы нагрузки, заданные для серии испытаний на основании выполняемого CAL, и сохраняя каждую

точку приложения нагрузки для заданного времени выдержки. Точки приложения нагрузки с давлением предназначены для оценки герметичности, поэтому время выдержки испытания начинается, когда заданная нагрузка, давление и температура достигнуты, а отклонение остается стабильным во время всего периода выдержки. Точки приложения нагрузки без давления и точки приложения нагрузки с двухминутными выдержками считаются конструктивными выдержками, поэтому стабилизация отклонения не требуется. В приложении ДА.Д представлены примеры различных схем нагрузок для каждой серии испытаний. Критерии приемки герметичности под давлением см. в ДА.8.3

Испытание может быть прервано в любой момент времени путем снятия всех нагрузок, например, на ночь или для ремонта оборудования. После этого испытание должно быть возобновлено на том же этапе приложения нагрузок, на котором оно было прервано.

Допускается одновременно испытывать несколько образцов в серии испытаний только при испытаниях серии С. Если испытания проводятся сериями, прикладываемые осевые нагрузки должны быть наибольшими требуемыми для каждого образца серии. Расчетные давления применяются к каждому образцу на основании осевой нагрузки для достижения соответствующего уровня напряжения на каждом образце.

Испытания в серии для TS-A и B не следует проводить на нескольких образцах, так как обе серии испытаний требуют сжимающих нагрузок, при которых демонстрируется, что резьбовые соединения могут быть легко перегружены или даже разрушены.

Испытания в квадрантах II и III могут потребовать специального крепления для предотвращения прогиба из-за высокой сжимающей нагрузки.

ДА.7.3.2.3 Нагрев испытательного образца

Перед испытанием на герметичность испытательные образцы подвергают нагреву при минимальной температуре, указанной в таблице ДА.1. В настоящем стандарте не предусмотрено проведение испытаний при повышенной температуре после испытания наружным давлением при температуре окружающей среды. Если проходит какое-либо испытание при наружном давлении при температуре окружающей среды после первоначального нагрева, с последующими дополнительными испытаниями при повышенной температуре, испытательный образец подвергают дополнительному нагреву.

На испытательном образце должны быть размещены термомпары в соответствии с требованиями ДА.5.10.2. Показания термомпар, используемых при нагреве, должны

соответствовать требованиям таблицы ДА.1 или превышать температуру, указанную в таблице ДА.1. Средняя температура должна соответствовать или превышать температуру, указанную в таблице ДА.1; термопары должны находиться в заданных пределах допуска.

Требования к нагреву следующие:

а) испытательные образцы для труб наружным диаметром менее 9 5/8 дюйма (244,48 мм) должны подвергаться нагреву в совокупности минимум 12 ч;

б) испытательные образцы для труб наружным диаметром 9 5/8 дюйма (244,48 мм) и более должны подвергаться нагреву в совокупности минимум 24 ч.

Данная процедура снижает дегазацию резьбовой смазки, что в дальнейшем может показаться утечкой, и обеспечивает эксплуатационные характеристики резьбовой смазки в наиболее неблагоприятных условиях.

Для таблицы ДА.7, если точка приложения нагрузки LP 14_a90 TLE^a превышает 90 % СЕЕ^a, внутреннее давление следует ограничить до 90 % СЕЕ^a.

Т а б л и ц а ДА.7 – Определение точек приложения нагрузки

Точка приложения нагрузки	Серия испытаний			Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Изгиб	Температура	Уровень испытаний
	A	B	C	Осевая точка F_a	Точка давления p_i или p_0	Осевая нагрузка F_a	Нагрузка под давлением p_i или p_0			
Ноль	•	•	•	0	0	0	0	-	окружающей среды	Все
1a80	-	•	-	мин. (F_t^a, CEE^{at})	0	0,67 x LP 1 _{a80} $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	80 %
2a80	-	•	-	-	-	0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a F_a$	0,25 x 0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
3a80	-	•	-	-	-	0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a F_a$	0,50 x 0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
4a80	-	•	-	0,67/0,80 x мин. (F_t^a, CEE^{at})	100 % $CEE^a p_i$	0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a F_a$	0,80 x LP 4 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
5a80	-	•	-	F_{CEPL}	100 % $CEE^a p_i$	0,80 x LP 5 _{a80} $CEE^a F_a$	0,80 x LP 5 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
6a80	-	•	-	0	100 % $CEE^a p_i$	0	0,80 x LP 6 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
7a80	-	•	-	0,50/0,80 x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	0,80 x LP 7 _{a80} $CEE^a F_a$	0,80 x LP 7 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
8a80	-	•	-	-	-	0,80 x LP 7 _{a80} $CEE^a F_a$	0,50 x 0,80 x LP 7 _{a80} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
9a80	-	•	-	мин. (F_c^a, CEE^{ac})	0	0,50 x LP 9 _{a80} $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	
10a95	•	•	-	мин. (F_t^a, CEE^{at})	0	0,90 x LP 10 _{a95} $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	
11a95	-	•	-	-	-	0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a F_a$	0,25 x 0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
12a95	•	•	-	-	-	0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a F_a$	0,50 x 0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
13a95	•	•	-	0,90/0,95 x мин. (F_t^a, CEE^{at})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 13 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
14a95	•	•	-	0,80/0,95 x мин. (F_t^a, CEE^{at})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 14 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 14 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
15a95	•	•	-	F_{CEPL}	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 15 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 15 _{a95} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
16a95	•	•	-	0	100 % $CEE^a p_i$	0	0,95 x LP 16 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
17a95	•	•	-	0,25/0,95 x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 17 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 17 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
18a95	•	•	-	0,50/0,95 x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 18 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 18 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
19a95	•	•	-	0,75/0,95 x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 19 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 19 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
20a95	•	•	-	0,90/0,95 x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	0,95 x LP 20 _{a95} $CEE^a F_a$	0,95 x LP 20 _{a95} $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
21a95	•	•	-	мин. (F_c^a, CEE^{ac})	0	0,90 x LP 21 _{a95} $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	
22a95	•			(1) 0,90/A x мин. (F_c^a, CEE^{ac})	100 % $CEE^a p_i$	(1) A x LP 22 _{a95} $CEE^a F_a$	(1) A x LP 22 _{a95} $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	

Точка приложения нагрузки	Серия испытаний			Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Изгиб	Температура	Уровень испытаний
	A	B	C	Осевая точка F_a	Точка давления p_i или p_0	Осевая нагрузка F_a	Нагрузка под давлением p_i или p_0			
23a95	•	-	-	(1) 0,50/A x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_0$	(1) A x LP 23 _a 95 $CEE^a F_a$	(1) A x LP 23 _a 95 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	95 %
24a95	•	-	-	0	100 % $CEE^a p_0$	0	(1) A x LP 24 _a 95 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
25a95	•	-	-	(1) 0,33/A x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_0$	(1) A x LP 25 _a 95 $CEE^a F_a$	(1) A x LP 25 _a 95 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
26a95	•	-	-	(1) 0,67/A x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_0$	(1) A x LP 26 _a 95 $CEE^a F_a$	(1) A x LP 26 _a 95 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
27a95	•	-	-	(1) 0,90/A x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_0$	(1) A x LP 27 _a 95 $CEE^a F_a$	(1) A x LP 27 _a 95 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
10a90	•	•		мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	0	0,90 x LP 10 _a 90 $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	90 %
11a90	-	•	-	-	-	0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a F_a$	0,25 x 0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
12a90	•	•	-	-	-	0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a F_a$	0,50 x 0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
13a90	•	•	-	0,90/0,90 x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 13 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
14a90	•	•	•	0,80/0,90 x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 14 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 14 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
15a90	•	•	-	F_{CEPL}	100 % $CEE^a p_i$	F_{CEPL}	0,90 x LP 15 _a 90 $CEE^a p_i$	-	окружающей среды	
16a90	•	•	-	0	100 % $CEE^a p_i$	0	-	Да	окружающей среды	
17a90	•	•	-	0,25/0,90 x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 17 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 17 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
18a90	•	•	-	0,50/0,90 x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 18 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 18 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
19a90	•	•	-	0,75/0,90 x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 19 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 19 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
20a90	•	•	-	0,90/0,90 x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_i$	0,90 x LP 20 _a 90 $CEE^a F_a$	0,90 x LP 20 _a 90 $CEE^a p_i$	Да	окружающей среды	
21a90	•	•	-	мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	0	0,90 x LP 21 _a 90 $CEE^a F_a$	0	-	окружающей среды	
22a90	•	-	-	(2) 0,90/B x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_0$	(2) B x LP 22 _a 90 $CEE^a F_a$	(2) B x LP 22 _a 90 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
23a90	•	-	-	(2) 0,50/B x мин. ($F_c^a, CEE^a c$)	100 % $CEE^a p_0$	(2) B x LP 23 _a 90 $CEE^a F_a$	(2) B x LP 23 _a 90 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
24a90	•	-	-	0	100 % $CEE^a p_0$	0	(2) B x LP 24 _a 90 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
25a90	•	-	-	(2) 0,33/B x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_0$	(2) B x LP 25 _a 90 $CEE^a F_a$	(2) B x LP 25 _a 90 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	
26a90	•	-	-	(2) 0,67/B x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_0$	(2) B x LP 26 _a 90 $CEE^a F_a$	(2) B x LP 26 _a 90 $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	

Продолжение таблицы ДА.7

Точка приложения нагрузки	Серия испытаний			Диапазон оценки резьбового соединения (СЭЕ)		Диапазон испытательных нагрузок (ТЛЕ)		Изгиб	Температура	Уровень испытаний
	А	В	С	Осевая точка F_a	Точка давления p_i или p_0	Осевая нагрузка F_a	Нагрузка под давлением p_i или p_0			
27 _{a90}	•	-	-	(2) 0,90/В x мин. ($F_t^a, CEE^a t$)	100 % $CEE^a p_i$	(2) В x LP 27 _{a90} $CEE^a F_a$	(2) В x LP 27 _{a90} $CEE^a p_0$	-	окружающей среды	90 %
28 _{a90}	-	-	•	-	-	LP 14 _{a90} $TLE^a F_a$ – LP 14 _{a90} F_{CEPL}	0	-	окружающей среды	
29 _{a90}	-	-	•	-	-	LP 28 _{a90} $TLE^a F_a$ + F_{CEPL}	0,20 x LP 14 _{a90} $TLE^a p_i$	-	окружающей среды	
30 _{a90}	-	-	•	-	-	0,05 x LP 28 _{a90} $TLE^a F_a$ + F_{CEPL}	(3) LP 14 _{a90} $TLE^a p_i$	-	окружающей среды	
31 _{a90}	-	-	•	-	-	0,05 x LP 28 _{a90} $TLE^a F_a$ + F_{CEPL}	0,20 x LP 14 _{a90} $TLE^a p_i$	-	окружающей среды	
13 _{Cycle}	•	-	-	-	-	LP 13 _{a90} $TLE^e F_a$ + $(K_{65^\circ} - K_{temp}) / (1 - K_{temp}) \times (LP 13_{a90} TLE^a F_a - LP 13_{a90} TLE^e F_a)$	LP 13 _{a90} $TLE^e p_i$ + $(K_{65^\circ} - K_{temp}) / (1 - K_{temp}) \times (LP 13_{a90} TLE^a p_i - LP 13_{a90} TLE^e p_i)$	-	65 °С	
10 _e	•	•	-	мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	0	0,90 x LP 10 _e $CEE^e F_a$	0	-	повышенная	
11 _e	-	•	-	-	-	0,90 x LP 13 _e $CEE^e F_a$	0,25 x 0,90 x LP 13 _e $CEE^e p_i$	-	повышенная	
12 _e	•	•	-	-	-	0,90 x LP 13 _e $CEE^e F_a$	0,50 x 0,90 x LP 13 _e $CEE^e p_i$	-	повышенная	
13 _e	•	•	-	0,90 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 13 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 13 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
14 _e	•	•	•	0,80 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 14 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 14 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
15 _e	•	•	-	F_{CEPL}	100 % $CEE^e p_i$	F_{CEPL}	0,90 x LP 15 _e $CEE^e p_i$	-	повышенная	
16 _e	•	•	-	0	100 % $CEE^e p_i$	0	0,90 x LP 16 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
17 _e	•	•	-	0,25 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 17 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 17 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
18 _e	•	•	-	0,50 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 18 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 18 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
19 _e	•	•	-	0,75 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 19 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 19 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
20 _e	•	•	-	0,90 / 0,90 x мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_i$	0,90 x LP 20 _e $CEE^e F_a$	0,90 x LP 20 _e $CEE^e p_i$	Да	повышенная	
21 _e	•	•	-	мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	0	0,90 x LP 21 _e $CEE^e F_a$	0	-	повышенная	
22 _e	•	-	-	(2) 0,90/В x мин. ($F_t^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_0$	(2) В x LP 22 _e $CEE^e F_a$	(2) В x LP 22 _e $CEE^e p_0$	-	повышенная	

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)
Окончание таблицы ДА.7

Точка приложения нагрузки	Серия испытаний			Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Изгиб	Температура	Уровень испытаний
	A	B	C	Осевая точка F_a	Точка давления p_i или p_0	Осевая нагрузка F_a	Нагрузка под давлением p_i или p_0			
23 _e	•	-	-	(2) 0,50/B x мин. ($F_c^e, CEE^e c$)	100 % $CEE^e p_0$	(2) B x LP 23 _e $CEE^e F_a$	(2) B x LP 23 _e $CEE^e p_0$	-	окружающей среды	90 %
24 _e	-	-	•	0	100 % $CEE^e p_0$	0	(2) B x LP 24 _e $CEE^e p_0$	-	окружающей среды	
25 _e	-	-	•	(2) 0,33/B x мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	100 % $CEE^e p_0$	(2) B x LP 25 _e $CEE^e F_a$	(2) B x LP 25 _e $CEE^e p_0$	-	окружающей среды	
26 _e	-	-	•	(2) 0,67/B x мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	100 % $CEE^e p_0$	(2) B x LP 26 _e $CEE^e F_a$	(2) B x LP 26 _e $CEE^e p_0$	-	окружающей среды	
27 _e	-	-	•	(2) 0,90/B x мин. ($F_t^e, CEE^e t$)	100 % $CEE^e p_0$	(2) B x LP 27 _e $CEE^e F_a$	(2) B x LP 27 _e $CEE^e p_0$	-	окружающей среды	

П р и м е ч а н и я
1 Если наружное давление для CEE^a определяется по диапазону фактического смятия по API или по части наружного давления в диапазоне фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу, A = 95 %. Если наружное давление для CEE^a определяется по диапазону номинального смятия по API или по диапазону собственного высокого смятия, A = 100 % (без масштабирования).
2 Если наружное давление для CEE^e определяется по диапазону фактического смятия по API или по части наружного давления в диапазоне фактического эквивалентного напряжения по фон Мизесу, B = 90 %. Если наружное давление для CEE^e определяется по диапазону номинального смятия по API или по диапазону собственного высокого смятия, B = 100 % (без масштабирования).

ДА.7.3.3 Испытания TS-A – Растяжение/сжатие и внутреннее/наружное давление

ДА.7.3.3.1 Общие положения

Целью TS-A является максимальное приближение к условиям эксплуатации и ускорение утечки с помощью применения наружного или внутреннего давления, а также растяжения или сжатия. Нагружение для CAL I и CAL II проводится при температуре окружающей среды, для CAL III и CAL IV – как при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре.

П р и м е ч а н и е – Применяемый изгиб не входит в данную серию испытаний.

ДА.7.3.3.2 Принципы испытаний

Испытания TS-A делят на три части:

- 1) при повышенной температуре (на уровне 90 %);
- 2) циклы QI-QIII (на уровне 90 %);
- 3) при температуре окружающей среды (на уровне 90 % и (или) 95 %).

Испытания по трем частям TS-A зависят от выбранного CAL. Для испытаний TS-A при повышенной температуре комбинации нагрузок – внутреннее давление-осевая нагрузка и наружное давление-осевая нагрузка – применяются по часовой стрелке и против часовой стрелки вокруг TLE в каждом из четырех квадрантов. Для циклических испытаний

TS-A QI-QIII, нагрузки чередуются между точкой приложения нагрузки QI 13_{cycle} при температуре менее 150 °F (65 °C) и точкой приложения нагрузки QIII 22_e при повышенной температуре. Для испытаний TS-A при повышенной температуре и циклических испытаниях QI-QIII, методы выявления утечки при температуре окружающей среды могут не подходить; поэтому в качестве метода выявления утечки используется падение давления по всему уплотнению. Методы выявления утечки при температуре окружающей среды, используемые для испытаний TS-A при температуре окружающей среды, обеспечивают точность, требуемую для подтверждения герметичности, особенно после испытаний при повышенной температуре (для CAL III и IV). Для испытаний TS-A при температуре окружающей среды, комбинации нагрузок – внутреннее давление-осевая нагрузка и наружное давление-осевая нагрузка – применяются по часовой стрелке и против часовой стрелки вокруг TLE в каждом из четырех квадрантов.

ДА.7.3.3.3 Расчет испытательных нагрузок

ДА.7.3.3.3.1 Для определения испытательных образцов, которым необходимо испытание TS-A, см. таблицу ДА.1 и рисунки ДА.4 – ДА.7. Для определения точек приложения нагрузки см. таблицу ДА.7. Для определения этапов нагружения для CAL III и CAL IV см. таблицу ДА.8. Для определения этапов нагружения для CAL I и CAL II см. таблицу ДА.9. Примерная схема нагрузок приведена в приложении ДА.D. Испытания TS-A для CAL I и CAL II имеют сокращенное количество циклов (см. рисунки ДА.4 и ДА.5, соответственно).

ДА.7.3.3.3.2 Испытательные образцы резьбового соединения подвергают следующим действиям:

а) при испытаниях TS-A определяют нагрузки при температуре окружающей среды и при повышенной температуре в соответствии с таблицей ДА.7;

б) используя расчеты, приведенные в приложении ДА.D в качестве примера, определяют осевые нагрузки и внутреннее давление для точек приложения нагрузки, указанных на рисунке ДА.25 для уровня 95 % при температуре окружающей среды, на рисунке ДА.27 – для уровня 90 % при температуре окружающей среды, на рисунке ДА.28 – для уровня 90 % при повышенной температуре;

с) проводят испытание в соответствии с указаниями, приведенными в ДА.5.8 и ДА.5.10, и в соответствии с данными таблицы ДА.8 для CAL III и CAL IV, или в соответствии с данными таблицы ДА.9 и приложения ДА.D для CAL I и CAL II;

д) в CAL IV при чередовании между QIII и QI стабилизированная температура в QIII должна быть 356 °F (180 °C), а стабилизированная температура в QI должна быть не более 150 °F (65 °C), и каждая термopара должна быть менее 150 °F (65 °C). Температуру QI

необходимо зафиксировать в протоколе, и нагружение QI должно надлежащим образом учитывать воздействие температуры на предел текучести при расчете прикладываемой нагрузки. Если измерение предела текучести не проводится при стабилизированной температуре QI, допускается линейная интерполяция предела текучести среди значений, измеренных при температуре окружающей среды и при повышенной температуре;

е) для TS-A результаты испытаний записывают в протоколе на герметичность, см. рисунок ДА.В.8;

ф) оценивают диапазон испытательных нагрузок TS-A с помощью применения точек приложения нагрузки, представленных ниже и на рисунке ДА.25 для уровня 95 % при температуре окружающей среды, на рисунке ДА.27 для уровня 90 % при температуре окружающей среды, и на рисунке ДА.28 для уровня 90 % при повышенной температуре.

ДА.7.3.3.3.3 Для таблицы ДА.8 необходимо соблюдать следующие рекомендации:

а) если общее растяжение LP 15_e превышает общее растяжение LP 14_e, взамен следует использовать LP 14_e;

б) если общее растяжение LP 15_{a90} превышает общее растяжение LP 14_{a90}, взамен следует использовать LP 14_{a90};

с) если общее растяжение LP15_{a95} превышает общее растяжение LP 14_{a95}, взамен следует использовать LP 14_{a95}.

ДА.7.3.3.3.4 Для таблицы ДА.9 необходимо соблюдать следующие рекомендации:

а) если общее растяжение LP 15_{a90} превышает общее растяжение LP 14_{a90}, взамен следует использовать LP 14_{a90};

б) если общее растяжение LP 15_{a95} превышает общее растяжение LP 14_{a95}, взамен следует использовать LP 14_{a95}.

ДА.7.3.3.3.5 На рисунках ДА.25 – ДА.28 показаны пронумерованные точки приложения нагрузки при растяжении и давлении, определенные в таблице ДА.7. Для TS-A порядок применения точек приложения нагрузки во время испытаний и количество применяемых точек определяют по таблицам ДА.8 или ДА.9.

ДА.7.3.4 Испытания TS-B – Растяжение/сжатие и внутреннее давление

ДА.7.3.4.1 Общие положения

Целью испытания TS-B является максимальное приближение к условиям эксплуатации и ускорение утечки путем применения внутреннего давления и растяжения или сжатия при повышенной температуре и (или) при температуре окружающей среды, с применяемым изгибом или без него. Применяемый изгиб плоский, и приводит к максимальным волоконным напряжениям VME, ограниченным TLE.

ДА.7.3.4.2 Принципы испытаний

Испытания TS-B делят на три части:

- 1) при температуре окружающей среды без изгиба (на уровне 80 % и (или) 95 %);
- 2) при повышенной температуре с изгибом (на уровне 90 %);
- 3) при температуре окружающей среды с изгибом (на уровне 90% и (или) 95%).

Испытания в трех частях TS-B зависят от выбранного CAL. Для испытаний TS-B комбинация нагрузок внутреннее давление-осевая нагрузка применяют по часовой стрелке и против часовой стрелки по TLE в QI и QII. Перед применением изгиба осевую нагрузку уменьшают на нагрузку, эквивалентную нагрузке при изгибе наружного диаметра трубы, соответствующей запланированной изгибающей нагрузке, таким образом, чтобы уровни нагрузки до и после применения изгиба были эквивалентны.

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
1	Ноль	Нагрев	-	-
2	10 _e	356 °F (180 °C)	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.28 (уровень 90 %)
3	12 _e	356 °F (180 °C)	10	
4	13 _e	356 °F (180 °C)	10	
5	14 _e	356 °F (180 °C)	10	
6	15 _e	356 °F (180 °C)	10	
7	16 _e	356 °F (180 °C)	60	
8	17 _e	356 °F (180 °C)	10	
9	18 _e	356 °F (180 °C)	10	
10	19 _e	356 °F (180 °C)	10	
11	20 _e	356 °F (180 °C)	10 ^b	
12	21 _e	356 °F (180 °C)	2	
13	Ноль	356 °F (180 °C)	-	
Переключение с внутреннего давления на наружное давление				
14	21 _e	356 °F (180 °C)	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.28 (уровень 90 %)
15	22 _e	356 °F (180 °C)	60	
16	23 _e	356 °F (180 °C)	10	
17	24 _e	356 °F (180 °C)	10	
18	25 _e	356 °F (180 °C)	10	
19	26 _e	356 °F (180 °C)	10	
20	27 _e	356 °F (180 °C)	2	
21	26 _e	356 °F (180 °C)	10	По часовой стрелке См. рисунок ДА.28 (уровень 90 %)
22	25 _e	356 °F (180 °C)	10	
23	24 _e	356 °F (180 °C)	60	
24	23 _e	356 °F (180 °C)	10	
25	22 _e	356 °F (180 °C)	10	
26	21 _e	356 °F (180 °C)	2	
27	Ноль	356 °F (180 °C)	-	
Переключение с наружного давления на внутреннее давление				
28	21 _e	356 °F (180 °C)	2	По часовой стрелке См. рисунок ДА.28 (уровень 90 %)
29	20 _e	356 °F (180 °C)	10 ^b	
30	19 _e	356 °F (180 °C)	10	
31	18 _e	356 °F (180 °C)	60	
32	17 _e	356 °F (180 °C)	10	
33	16 _e	356 °F (180 °C)	10	
34	15 _e	356 °F (180 °C)	10	
35	14 _e	356 °F (180 °C)	60	
36	13 _e	356 °F (180 °C)	10	
37	12 _e	356 °F (180 °C)	10	
38	10 _e	356 °F (180 °C)	2	
39	Ноль	356 °F (180 °C)	-	

Продолжение таблицы ДА.8

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
Циклы QI-QIII ^a				
40	13 _{Cycle}	до 150 °F (65 °C) включ.	15	Цикл ^a (уровень 90 %)
41	22 _e	356 °F (180 °C)	15	
42	13 _{Cycle}	до 150 °F (65 °C) включ.	15	
43	22 _e	356 °F (180 °C)	15	
44	13 _{Cycle}	до 150 °F (65 °C) включ.	15	
45	22 _e	356 °F (180 °C)	15	
46	13 _{Cycle}	до 150 °F (65 °C) включ.	15	
47	22 _e	356 °F (180 °C)	15	
48	13 _{Cycle}	до 150 °F (65 °C) включ..	15	
49	22 _e	356 °F (180 °C)	15	
50	Ноль	356 °F (180 °C)	-	
Окончание циклов QI-QIII				
51	Ноль	Охлаждение	-	-
52	10 _{a90}	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
53	12 _{a90}	Окружающей среды	10	
54	13 _{a90}	Окружающей среды	10	
55	14 _{a90}	Окружающей среды	10	
56	15 _{a90}	Окружающей среды	10	
57	16 _{a90}	Окружающей среды	60	
58	17 _{a90}	Окружающей среды	10	
59	18 _{a90}	Окружающей среды	10	
60	19 _{a90}	Окружающей среды	10	
61	20 _{a90}	Окружающей среды	10 ^b	
62	21 _{a90}	Окружающей среды	2	
63	Ноль	Окружающей среды	-	
Переключение с внутреннего давления на наружное давление				
64	21 _{a90}	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
65	22 _{a90}	Окружающей среды	60	
66	23 _{a90}	Окружающей среды	10	
67	24 _{a90}	Окружающей среды	10	
68	25 _{a90}	Окружающей среды	10	
69	26 _{a90}	Окружающей среды	10	
70	27 _{a90}	Окружающей среды	2	
71	26 _{a90}	Окружающей среды	10	По часовой стрелке См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
72	25 _{a90}	Окружающей среды	10	
73	24 _{a90}	Окружающей среды	60	
74	23 _{a90}	Окружающей среды	10	
75	22 _{a90}	Окружающей среды	10	
76	21 _{a90}	Окружающей среды	2	
77	Ноль	Окружающей среды	-	

ГОСТ ISO 13679 – 20
 (Проект, окончательная редакция)
 Продолжение таблицы ДА.8

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление	
Переключение с наружного давления на внутреннее давление					
78	21 _a 90	Окружающей среды	2	По часовой стрелке См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)	
79	20 _a 90	Окружающей среды	10 ^b		
80	19 _a 90	Окружающей среды	10		
81	18 _a 90	Окружающей среды	60		
82	17 _a 90	Окружающей среды	10		
83	16 _a 90	Окружающей среды	10		
84	15 _a 90	Окружающей среды	10		
85	14 _a 90	Окружающей среды	60		
86	13 _a 90	Окружающей среды	10		
87	12 _a 90	Окружающей среды	10		
88	10 _a 90	Окружающей среды	2		
89	Ноль	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)	
90	10 _a 95	Окружающей среды	2		
91	12 _a 95	Окружающей среды	10		
92	13 _a 95	Окружающей среды	10		
93	14 _a 95	Окружающей среды	10		
94	15 _a 95	Окружающей среды	10		
95	16 _a 95	Окружающей среды	60		
96	17 _a 95	Окружающей среды	10		
97	18 _a 95	Окружающей среды	10		
98	19 _a 95	Окружающей среды	10		
99	20 _a 95	Окружающей среды	10		
100	21 _a 95	Окружающей среды	2		
101	Ноль	Окружающей среды	-	Переключение с внутреннего давления на наружное давление	
102	21 _a 95	Окружающей среды	2		
103	22 _a 95	Окружающей среды	60		Против часовой стрелки См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
104	23 _a 95	Окружающей среды	10		
105	24 _a 95	Окружающей среды	10		
106	25 _a 95	Окружающей среды	10		
107	26 _a 95	Окружающей среды	10		
108	27 _a 95	Окружающей среды	2		
109	26 _a 95	Окружающей среды	10		По часовой стрелке См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
110	25 _a 95	Окружающей среды	10		
111	24 _a 95	Окружающей среды	60		
112	23 _a 95	Окружающей среды	10		
113	22 _a 95	Окружающей среды	10		
114	21 _a 95	Окружающей среды	2		
115	Ноль	Окружающей среды	-		

Окончание таблицы ДА.8

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
Переключение с наружного давления на внутреннее давление				
116	21 _{a95}	Окружающей среды	2	По часовой стрелке См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
117	20 _{a95}	Окружающей среды	10	
118	19 _{a95}	Окружающей среды	10	
119	18 _{a95}	Окружающей среды	60	
120	17 _{a95}	Окружающей среды	10	
121	16 _{a95}	Окружающей среды	10	
122	15 _{a95}	Окружающей среды	10	
123	14 _{a95}	Окружающей среды	60	
124	13 _{a95}	Окружающей среды	10	
125	12 _{a95}	Окружающей среды	10	
126	10 _{a95}	Окружающей среды	2	
127	Ноль	Окружающей среды	-	
^a Для CAL III этапы нагружения с 40 по 50 не проводят. ^b Если для данной точки приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки можно уменьшить до 2 мин.				

Т а б л и ц а ДА.9 – Этапы нагружения при испытаниях TS-A для CAL I^a и CAL II

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
1	Ноль	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки ^a См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
2	10 _{a90}	Окружающей среды	2	
3	12 _{a90}	Окружающей среды	10	
4	13 _{a90}	Окружающей среды	10	
5	14 _{a90}	Окружающей среды	60	
6	15 _{a90}	Окружающей среды	10	
7	16 _{a90}	Окружающей среды	10	
8	17 _{a90}	Окружающей среды	10	
9	18 _{a90}	Окружающей среды	30	
10	19 _{a90}	Окружающей среды	10	
11	20 _{a90}	Окружающей среды	10 ^b	
12	21 _{a90}	Окружающей среды	2	
13	Ноль	Окружающей среды	-	
Переключение с внутреннего давления на наружное давление				
14	21 _{a90}	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки ^a См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
15	22 _{a90}	Окружающей среды	30	
16	23 _{a90}	Окружающей среды	10	
17	24 _{a90}	Окружающей среды	10	
18	25 _{a90}	Окружающей среды	10	
19	26 _{a90}	Окружающей среды	10	
20	27 _{a90}	Окружающей среды	2	

ГОСТ ISO 13679 – 20
 (Проект, окончательная редакция)
 Продолжение таблицы ДА.9

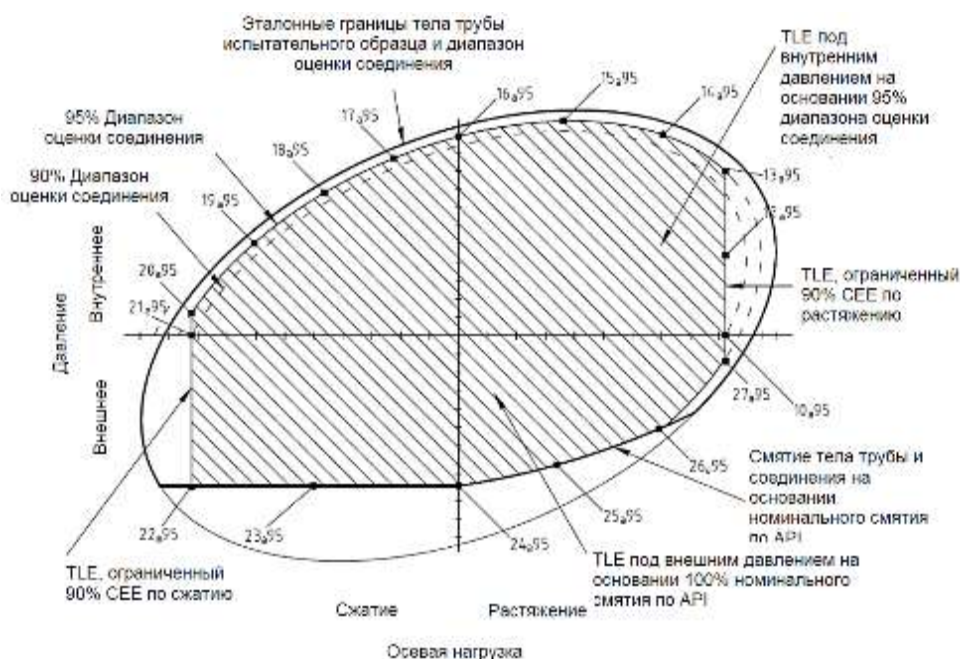
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
21	26 _{a90}	Окружающей среды	15	По часовой стрелке ^a См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
22	25 _{a90}	Окружающей среды	15	
23	24 _{a90}	Окружающей среды	60	
24	23 _{a90}	Окружающей среды	15	
25	22 _{a90}	Окружающей среды	15	
26	21 _{a90}	Окружающей среды	2	
27	Ноль	Окружающей среды	-	
Переключение с наружного давления на внутреннее давление				
28	21 _{a90}	Окружающей среды	2	По часовой стрелке ^a См. рисунок ДА.27 (уровень 90 %)
29	20 _{a90}	Окружающей среды	10 ^b	
30	19 _{a90}	Окружающей среды	10	
31	18 _{a90}	Окружающей среды	60	
32	17 _{a90}	Окружающей среды	10	
33	16 _{a90}	Окружающей среды	10	
34	15 _{a90}	Окружающей среды	10	
35	14 _{a90}	Окружающей среды	60	
36	13 _{a90}	Окружающей среды	10	
37	12 _{a90}	Окружающей среды	10	
38	10 _{a90}	Окружающей среды	2	
39	Ноль	Окружающей среды	-	
40	10 _{a95}	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
41	12 _{a95}	Окружающей среды	10	
42	13 _{a95}	Окружающей среды	10	
43	14 _{a95}	Окружающей среды	60	
44	15 _{a95}	Окружающей среды	10	
45	16 _{a95}	Окружающей среды	10	
46	17 _{a95}	Окружающей среды	10	
47	18 _{a95}	Окружающей среды	30	
48	19 _{a95}	Окружающей среды	10	
49	20 _{a95}	Окружающей среды	10	
50	21 _{a95}	Окружающей среды	2	
51	Ноль	Окружающей среды	-	
Переключение с внутреннего давления на наружное давление				
52	21 _{a95}	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
53	22 _{a95}	Окружающей среды	30	
54	23 _{a95}	Окружающей среды	10	
55	24 _{a95}	Окружающей среды	10	
56	25 _{a95}	Окружающей среды	10	
57	26 _{a95}	Окружающей среды	10	
58	27 _{a95}	Окружающей среды	2	

Окончание таблицы ДА.9

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Температура	Время выдержки, мин	Направление
59	26 _a 95	Окружающей среды	15	По часовой стрелке См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
60	25 _a 95	Окружающей среды	15	
61	24 _a 95	Окружающей среды	60	
62	23 _a 95	Окружающей среды	15	
63	22 _a 95	Окружающей среды	15	
64	21 _a 95	Окружающей среды	2	
65	Ноль	Окружающей среды	-	
Переключение с наружного давления на внутреннее давление				
66	21 _a 95	Окружающей среды	2	По часовой стрелке См. рисунок ДА.25 (уровень 95 %)
67	20 _a 95	Окружающей среды	10	
68	19 _a 95	Окружающей среды	10	
69	18 _a 95	Окружающей среды	60	
70	17 _a 95	Окружающей среды	10	
71	16 _a 95	Окружающей среды	10	
72	15 _a 95	Окружающей среды	10	
73	14 _a 95	Окружающей среды	60	
74	13 _a 95	Окружающей среды	10	
75	12 _a 95	Окружающей среды	10	
76	10 _a 95	Окружающей среды	2	
77	Ноль	Окружающей среды	-	

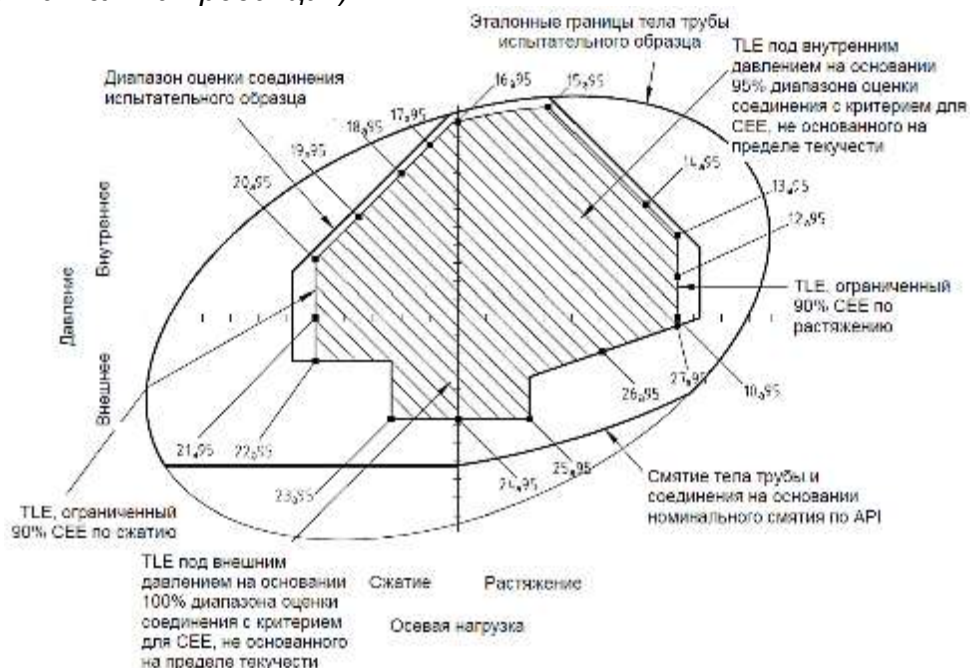
^a Для CAL I этапы нагружения 1 до 39 не проводят.

^b Если для данной точки приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки можно уменьшить до 2 мин.



Примечание – См. таблицу ДА.8, этапы нагружения с 90 по 127, и таблицу ДА.9, этапы нагружения с 40 до 77.

Рисунок ДА.25 – Пример испытания TS-A при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки при 95 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают, а растяжение и сжатие ограничены 90 % СЕЕ



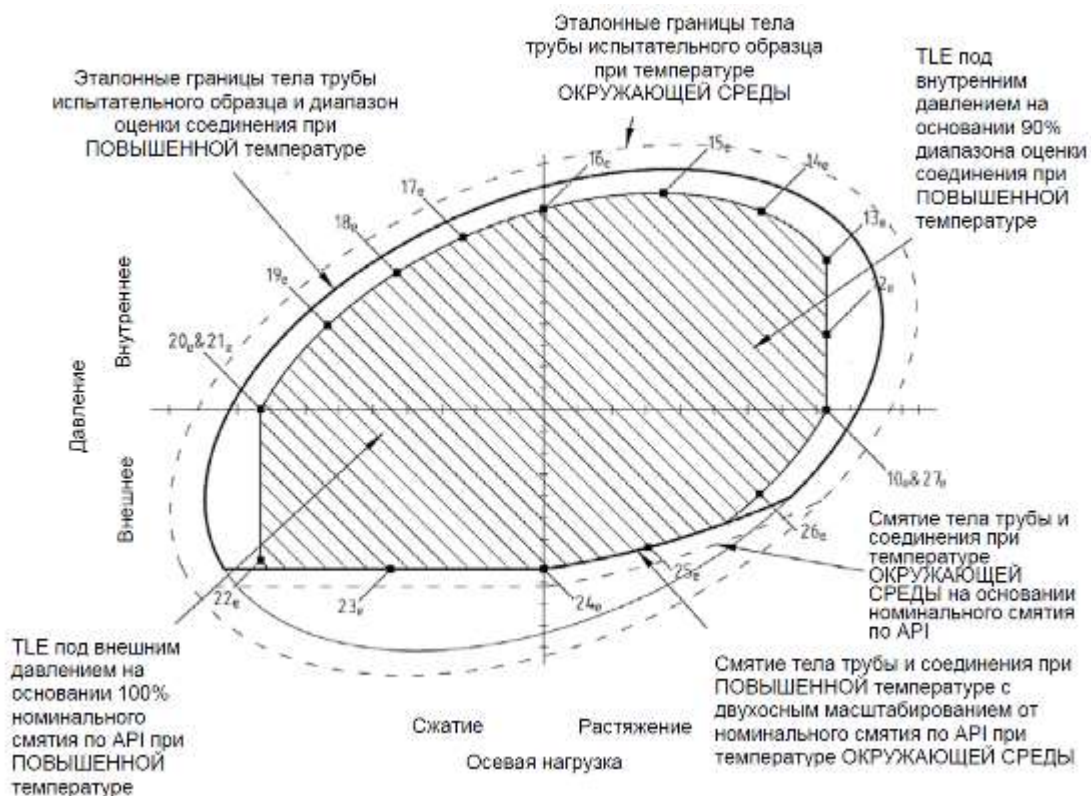
Примечание – См. таблицу ДА.8, этапы нагружения с 90 по 127, и таблицу ДА.9, этапы нагружения с 40 до 77.

Рисунок ДА.26 – Пример испытания TS-A при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки при 95 % СЕЕ для внутреннего давления и 100 % СЕЕ для наружного давления, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения не совпадают, а растяжение и сжатие ограничены 90 % СЕЕ



Примечание – См. таблицу ДА.8, этапы нагружения с 51 по 89, и таблицу ДА.9, этапы нагружения с 1 по 39.

Рисунок ДА.27 – Пример испытания TS-A при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки при 90 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают



Примечание – См. таблицу ДА.8, этапы нагружения с 1 по 39.

Рисунок ДА.28 – Пример испытания TS-A при повышенной температуре для точек приложения нагрузки при 90 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают

ДА.7.3.4.3 Расчет испытательных нагрузок

ДА.7.3.4.3.1 Общие положения

Испытательные образцы резьбовых соединений подвергают указанным ниже действиям. Для испытательных образцов, требующих проведения испытания TS-B, см. таблицу ДА.1 и рисунки с ДА.4 по ДА.7. Для определения точек приложения нагрузки см. таблицу ДА.7. Для определения этапов нагружения при испытании TS-B CAL II, CAL III и CAL IV см. таблицу ДА.10. Для определения этапов нагружения при испытании TS-B CAL I см. таблицу ДА.11. Для испытательных образцов CAL II, CAL III и CAL IV, которым не требуется проведение испытания TS-A, см. таблицу ДА.12 для определения дополнительных этапов нагружения при испытании TS-B. Примерные схемы нагрузок приведены в приложении ДА.D. Следует обратить внимание, что изгиб обязателен для CAL I, CAL II, CAL III и CAL IV.

а) Определяют нагрузки испытания TS-B при температуре окружающей среды и при повышенной температуре в соответствии с таблицей ДА.7.

Определяют эквивалентные осевые усилия растяжения или сжатия, вызванные изгибом. Перед выполнением изгиба для точки приложения нагрузки уменьшают

номинальное осевое усилие растяжения или сжатия на эквивалентное осевое усилие растяжения или сжатия. Сумма применяемых нагрузок (нагрузка от давления на торце с заглушкой F_{SEPL} , эквивалентное осевое усилие F_b , и номинальное осевое усилие растяжения или сжатия F_i) должна быть равной требуемой нагрузке F_a для точки приложения нагрузки. Уменьшают изгиб до нуля до перехода к следующей точке приложения нагрузки. Проверяют эквивалентное напряжение по фон Мизесу на внутреннем и наружном волоконном слое. В случае если эквивалентное напряжение по фон Мизесу превышает 90 % или 95 % (в зависимости от того, что применимо) применяемого предела текучести материала, уменьшают изгибающие или осевые нагрузки, чтобы получить напряжение, равное 90 % или 95 % (в зависимости от того, что применимо) применяемого предела текучести материала. Если в точке приложения нагрузки применяют изгиб, то используют наименьший из следующих показателей:

- 1) прогиб 20°/100 футов (30,48 м);
- 2) 40 % предела текучести тела трубы при изгибе;
- 3) 40 % предела текучести резьбового соединения при изгибе;
- 4) общее VME, не превышающее 90 % или 95 % (в зависимости от того, что применимо) применяемого предела текучести материала в соответствии с ДА.5.5.2.

б) Для CAL I с применением расчетов из приложения ДА.D в качестве примера определяют осевые нагрузки от внутреннего давления для точек приложения нагрузки, указанных на рисунках ДА.29 и ДА.30 для уровня 95 % при температуре окружающей среды.

в) Для CAL II, CAL III CAL и IV с применением расчетов из приложения ДА.D в качестве примера определяют осевые нагрузки и нагрузки от внутреннего давления для точек приложения нагрузки, указанных на рисунках ДА.29 и ДА.30 для уровня 95 % при температуре окружающей среды, рисунке ДА.31 для уровня 90 % при температуре окружающей среды и рисунке ДА.32 для уровня 90% при повышенной температуре.

г) Проводят испытания в соответствии с ДА.5.7 и ДА.5.10, и контролируют изгиб выбранным методом, указанным в ДА.5.9.3.4 и показанным в таблице ДА.10 для CAL II, CAL III и CAL IV, таблице ДА.11 для CAL I, и таблице ДА.12 для CAL II и CAL III (для испытательных образцов, которым не требуется испытание TS-A).

д) Результаты испытаний заносят в протокол испытаний на герметичность резьбового соединения в соответствии с рисунком ДА.В.8 для TS-B.

П р и м е ч а н и е – Для труб наружным диаметром более 9 5/8 дюймов (244,48 мм) предельным критерием является 40 % предела текучести резьбового соединения.

ДА.7.3.4.3.2 Для таблицы ДА.10 необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- a) если общее растяжение LP 5_a80 превышает общее растяжение LP 4_a80, взамен следует использовать LP 4_a80;
- b) если общее растяжение LP 15_a95 превышает общее растяжение LP 14_a95, взамен следует использовать LP 14_a95;
- c) если общее растяжение LP 15_e превышает общее растяжение LP 14_e, взамен следует использовать LP 14_e;
- d) если общее растяжение LP 15_a90 превышает общее растяжение LP 14_a90, взамен следует использовать LP 14_a90.

ДА.7.3.4.3.3 Для таблицы ДА.11 необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- a) если общее растяжение LP 5_a80 превышает общее растяжение LP 4_a80, взамен следует использовать LP 4_a80;
- b) если общее растяжение LP 15_a95 превышает общее растяжение LP 14_a95, взамен следует использовать LP 14_a95;
- c) если общее растяжение LP 15_e превышает общее растяжение LP 14_e, взамен следует использовать LP 14_e;
- d) если общее растяжение LP 15_a90 превышает общее растяжение LP 14_a90, взамен следует использовать LP 14_a90.

ДА.7.3.4.3.4 Для таблицы ДА.12 необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- a) если общее растяжение LP 15_a95 превышает общее растяжение LP 14_a95, взамен следует использовать LP 14_a95;
- b) если общее растяжение LP 15_e превышает общее растяжение LP 14_e, взамен следует использовать LP 14_e;
- c) если общее растяжение LP 15_a90 превышает общее растяжение LP 14_a90, взамен следует использовать LP 14_a90.

ДА.7.3.4.3.5 На рисунках с ДА.29 по ДА.32 комбинации растяжения и нагрузки от давления, определяющие каждую пронумерованную точку приложения нагрузки, определены в таблице ДА.7. Для испытания TS-B порядок, в котором точки приложения нагрузки применяются при испытаниях, и количество прикладываемых нагрузок, определяют по таблицам ДА.11, ДА.12 или ДА.13.

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура		Время выдержки, мин	Направление
			CAL II	CAL III и CAL IV		
1	1 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.29 (уровень 80 %)
2	2 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
3	3 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
4	4 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
5	5 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
6	6 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
7	7 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
8	8 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
9	9 _а 80	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
10	Ноль	-	Окружающей среды	Окружающей среды	-	
11	10 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.29 (уровень 95 %)
12	11 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
13	12 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
14	13 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
15	14 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
16	15 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
17	16 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
18	17 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
19	18 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
20	19 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
21	20 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	По часовой стрелке См. рисунок ДА.29 (уровень 95 %)
22	21 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
23	20 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
24	19 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
25	18 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
26	17 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
27	16 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
28	15 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
29	14 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
30	13 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
31	12 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
32	11 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
33	10 _а 95	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	

Продолжение таблицы ДА.10

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура		Время выдержки, мин	Направление
			CAL II	CAL III и CAL IV		
34	Ноль	-	Нагрев		-	-
35	10 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.32 (уровень 90 %)
36	11 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	5	
37	12 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	5	
38	13 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	15	
39	13 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	15	
40	14 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
41	14 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	60	
42	15 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	15	
43	16 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
44	16 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
45	17 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
46	17 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
47	18 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
48	18 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
49	19 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
50	19 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
51	20 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10 ^a	
52	20 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10 ^b	
53	21 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	2	
54	20 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10 ^b	
55	20 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10 ^a	
56	19 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
57	19 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
58	18 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	60	
59	18 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
60	17 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
61	17 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
62	16 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
63	16 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
64	15 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	15	
65	14 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
66	14 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
67	13 _{b_e}	Да	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	60	
68	13 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	10	
69	12 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	5	
70	11 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	5	
71	10 _e	-	275 °F (135 °C)	356 °F (180 °C)	2	

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)
Окончание таблицы ДА.10

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура		Время выдержки, мин	Направление
			CAL II	CAL III и CAL IV		
72	Ноль	-	Охлаждение		-	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.31 (уровень 90 %)
73	10 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
74	11 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
75	12 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
76	13 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
77	13 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
78	14 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
79	14 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
80	15 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	60	
81	16 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
82	16 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
83	17 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
84	17 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
85	18 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
86	18 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
87	19 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
88	19 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
89	20 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10 ^a	
90	20 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	60 ^b	
91	21 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
92	20 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10 ^b	
93	20 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10 ^a	
94	19 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	По часовой стрелке См. рисунок ДА.31 (уровень 90 %)
95	19 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
96	18 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
97	18 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
98	17 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
99	17 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
100	16 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	60	
101	16 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
102	15 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
103	14 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
104	14 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
105	13 _b _a 90	Да	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
106	13 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	10	
107	12 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
108	11 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	5	
109	10 _a 90	-	Окружающей среды	Окружающей среды	2	
110	Ноль	-	Окружающей среды	Окружающей среды	-	

^a Если для данной точки приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки можно уменьшить до 2 мин.

^b Если для данной точки приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки можно уменьшить до 5 мин.

^c Порядок точек приложения нагрузки с изгибом и без него можно менять таким образом, чтобы можно было применить точку приложения одноосной нагрузки до выполнения изгиба.

Т а б л и ц а ДА.11 – Этапы нагружения при испытаниях TS-B для CAL I

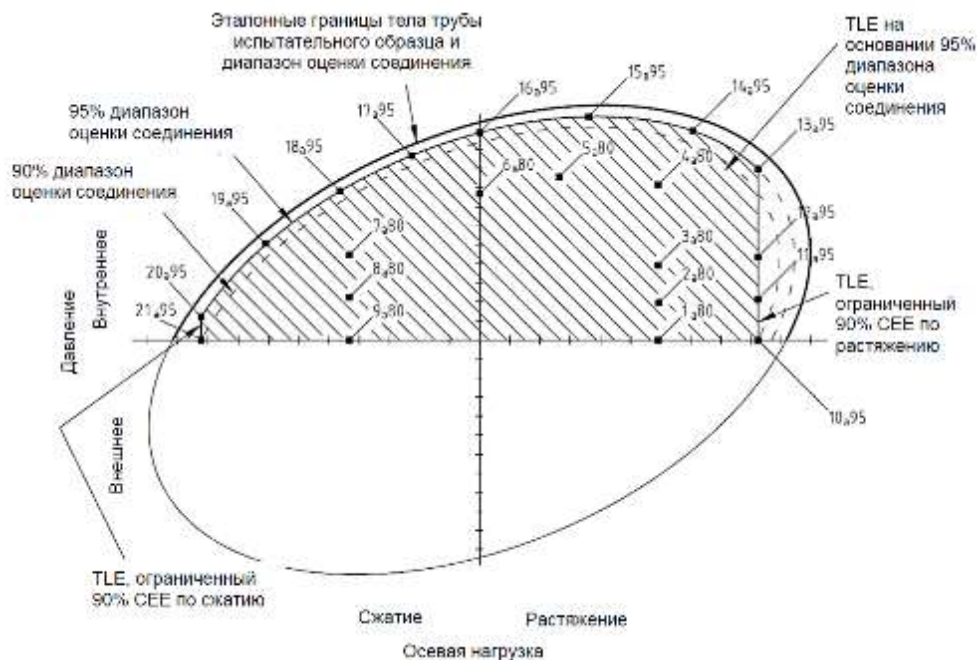
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура	Время выдержки, мин	Направление
1	1 _{a80}	-	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.29 (уровень 80 %)
2	2 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
3	3 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
4	4 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
5	5 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
6	6 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
7	7 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
8	8 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
9	9 _{a80}	-	Окружающей среды	2	
10	Ноль	-	Окружающей среды	-	
11	10 _{a95}	-	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.29 (уровень 95 %)
12	11 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
13	12 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
14	13 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
15	14 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
16	15 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
17	16 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
18	17 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
19	18 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
20	19 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
21	20 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
22	21 _{a95}	-	Окружающей среды	2	
23	20 _{a95}	-	Окружающей среды	5	По часовой стрелке См. рисунок ДА.29 (уровень 95 %)
24	19 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
25	18 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
26	17 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
27	16 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
28	15 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
29	14 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
30	13 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
31	12 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
32	11 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
33	10 _{a95}	-	Окружающей среды	2	
34	Ноль	-	Окружающей среды	-	

ГОСТ ISO 13679 – 20
 (Проект, окончательная редакция)
 Окончание таблицы ДА.11

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура	Время выдержки, мин	Направление
35	10 _a 95	-	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.30 (уровень 95 %)
36	11 _a 95	-	Окружающей среды	5	
37	12 _a 95	-	Окружающей среды	5	
38	13 _a 95	-	Окружающей среды	15	
39	13 _b _a 95	Да	Окружающей среды	15	
40	14 _a 95	-	Окружающей среды	10	
41	14 _b _a 95	Да	Окружающей среды	60	
42	15 _a 95	-	Окружающей среды	15	
43	16 _a 95	-	Окружающей среды	10	
44	16 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
45	17 _a 95	-	Окружающей среды	10	
46	17 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
47	18 _a 95	-	Окружающей среды	10	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.30 (уровень 95 %)
48	18 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
49	19 _a 95	-	Окружающей среды	10	
50	19 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
51	20 _a 95	-	Окружающей среды	10	
52	20 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
53	21 _a 95	-	Окружающей среды	2	По часовой стрелке См. рисунок ДА.30 (уровень 95 %)
54	20 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
55	20 _a 95	-	Окружающей среды	10	
56	19 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
57	19 _a 95	-	Окружающей среды	10	
58	18 _b _a 95	Да	Окружающей среды	60	
59	18 _a 95	-	Окружающей среды	60	
60	17 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
61	17 _a 95	-	Окружающей среды	10	
62	16 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
63	16 _a 95	-	Окружающей среды	10	
64	15 _a 95	-	Окружающей среды	10	
65	14 _b _a 95	Да	Окружающей среды	10	
66	14 _a 95	-	Окружающей среды	10	
67	13 _b _a 95	Да	Окружающей среды	60	
68	13 _a 95	-	Окружающей среды	10	
69	12 _a 95	-	Окружающей среды	5	
70	11 _a 95	-	Окружающей среды	5	
71	10 _a 95	-	Окружающей среды	2	
72	Ноль	-	Окружающей среды	-	

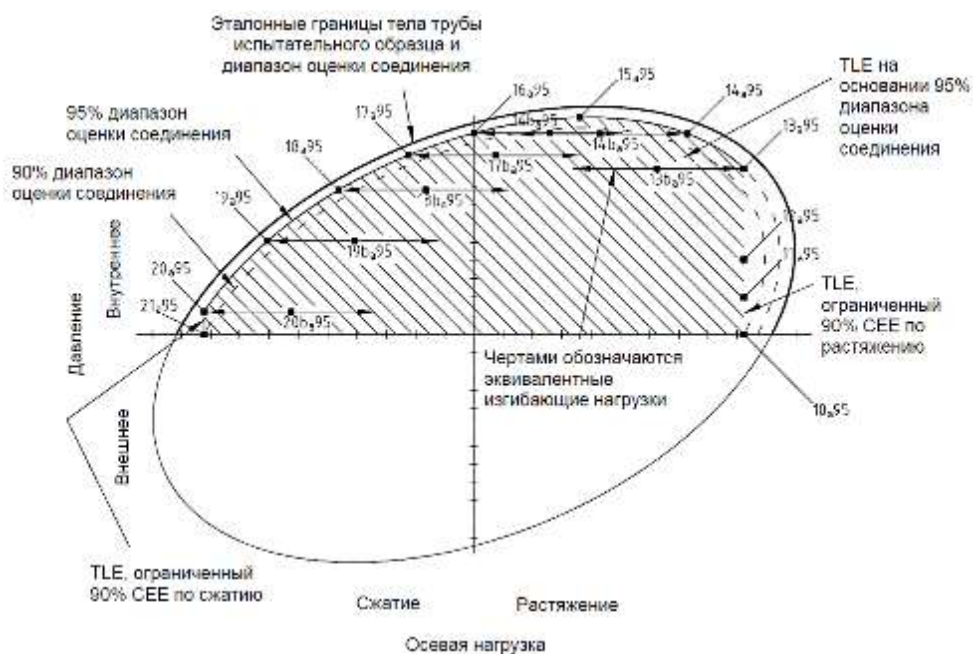
Т а б л и ц а ДА.12 – Этапы нагружения при испытаниях TS-B, дополнительные требования для CAL II и CAL III (для испытательных образцов резьбовых соединений, для которых не требуется проведение испытания TS-A)

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Изгиб	Температура	Время выдержки, мин	Направление
1	10 _{a95}	-	Окружающей среды	2	Против часовой стрелки См. рисунок ДА.30 (уровень 95 %)
2	11 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
3	12 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
4	13 _{a95}	-	Окружающей среды	15	
5	13 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	15	
6	14 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
7	14 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	60	
8	15 _{a95}	-	Окружающей среды	15	
9	16 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
10	16 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
11	17 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
12	17 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
13	18 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
14	18 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
15	19 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
16	19 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
17	20 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
18	20 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
19	21 _{a95}	-	Окружающей среды	2	
20	20 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	По часовой стрелке См. рисунок ДА.30 (уровень 95 %)
21	20 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
22	19 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
23	19 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
24	18 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	60	
25	18 _{a95}	-	Окружающей среды	60	
26	17 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
27	17 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
28	16 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
29	17 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
30	15 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
31	14 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	10	
32	14 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
33	13 _{b_a95}	Да	Окружающей среды	60	
34	13 _{a95}	-	Окружающей среды	10	
35	12 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
36	11 _{a95}	-	Окружающей среды	5	
37	10 _{a95}	-	Окружающей среды	2	
38	Ноль	Да	Окружающей среды	-	



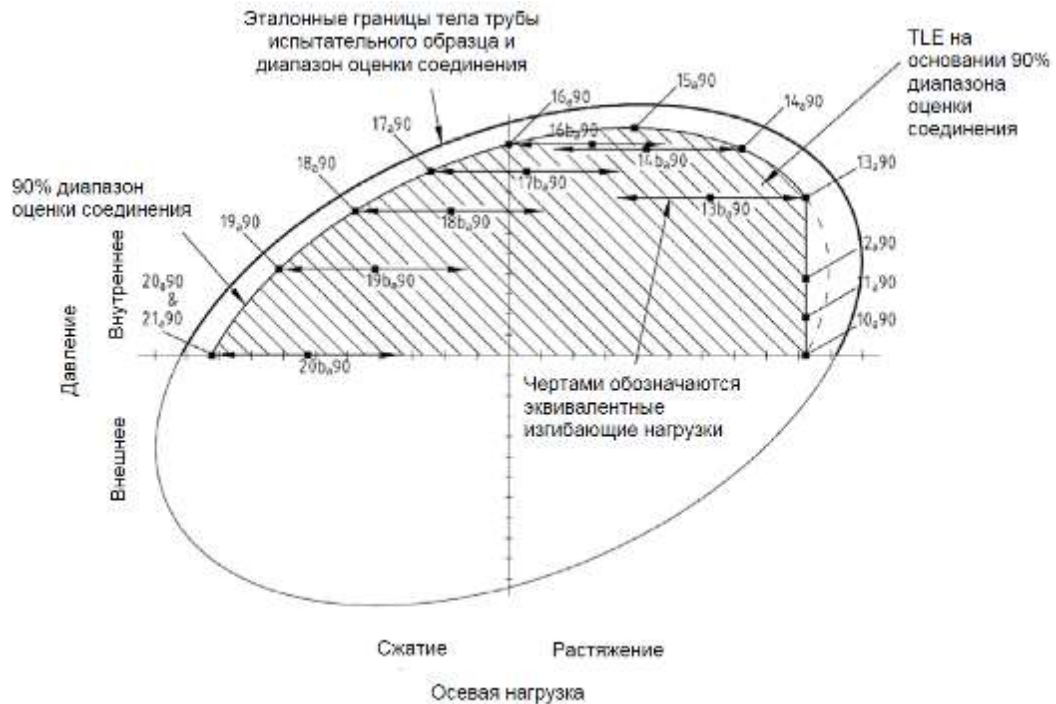
Примечание – См. таблицу ДА.10, этапы нагружения с 1 по 33, и таблицу ДА.11, этапы нагружения с 1 по 34.

Рисунок ДА.29 – Пример испытания TS-B при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки при 95 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают, а растяжение и сжатие ограничены 90 % СЕЕ



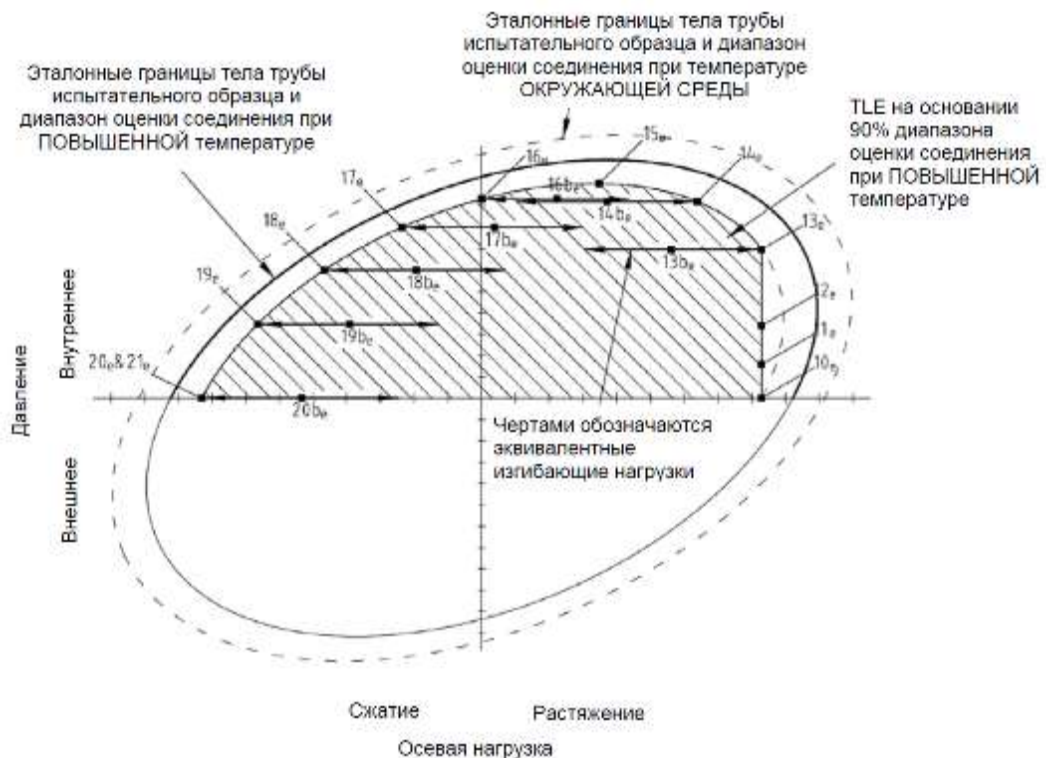
Примечание – См. таблицу ДА.11, этапы нагружения с 35 по 72, и таблицу ДА.12, этапы нагружения с 1 по 38

Рисунок ДА.30 – Пример испытания TS-B при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки с изгибом при 95 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают, а растяжение и сжатие ограничены 90 % СЕЕ



Примечание – См. таблицу ДА.10, этапы нагружения с 72 по 110.

Рисунок ДА.31 – Пример испытания TS-B при температуре окружающей среды для точек приложения нагрузки с изгибом при 90 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают



Примечание – См. таблицу ДА.10, этапы нагружения с 34 по 71.

Рисунок ДА.32 – Пример испытания TS-B при повышенной температуре для точек приложения нагрузки с изгибом при 90 % СЕЕ, где эталонные границы тела трубы и диапазон оценки резьбового соединения совпадают

ДА.7.3.5 Испытания TS-C – термоциклические испытания с растяжением и внутренним давлением

ДА.7.3.5.1 Общие положения

Целью термических и механических циклических испытаний при температуре окружающей среды является приближение к условиям эксплуатации и ускорение возможного появления утечки путем проведения термических циклических испытаний на резьбовом соединении при одновременном воздействии осевого растяжения и нагрузок от внутреннего давления.

ДА.7.3.5.2 Принципы испытаний

Испытание TS-C начинается с 10 термических циклов и заканчивается 5 циклами давления-растяжения при температуре менее 95 °F (35 °C). Термический цикл – изменение от максимальной температуры до минимальной температуры и назад к максимальной температуре – показан на рисунке ДА.33, позиция 7. Минимальное время в 5 мин должно проходить при максимальной температуре или выше (но не более допустимого предела в соответствии с ДА.5.10), и 5 мин при минимальной температуре или ниже. Минимальное время на термический цикл составляет 30 мин.

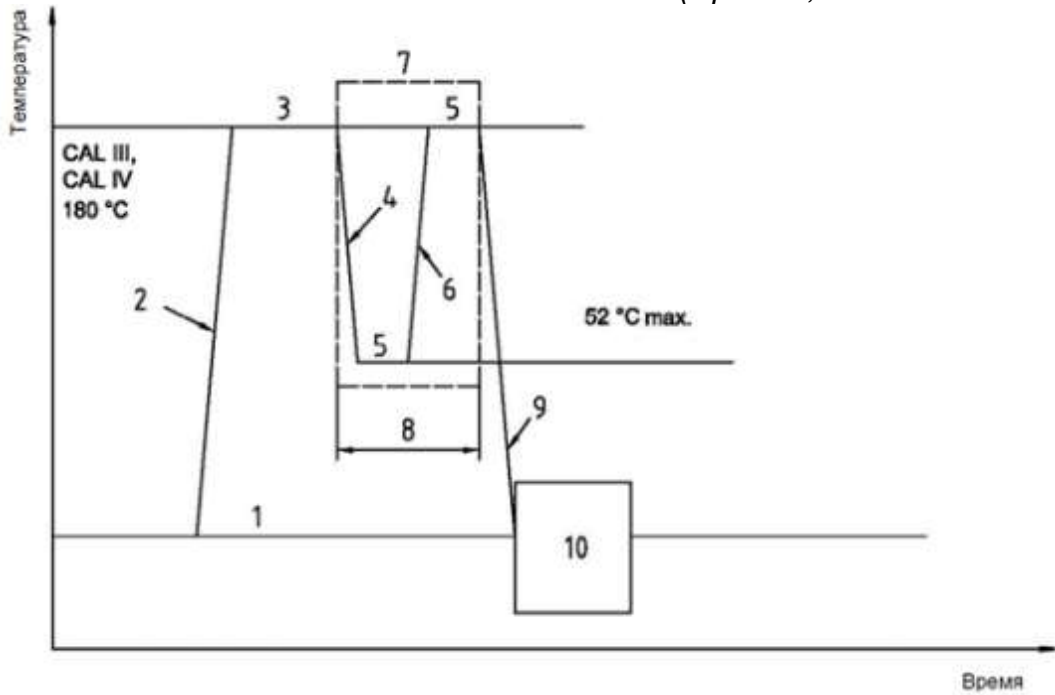
ДА.7.3.5.3 Расчет испытательных нагрузок

Примеры схемы нагрузок при испытании TS-C для расчета точек приложения нагрузки приведены в таблице ДА.7 и в ДА.D.5.3.

Для испытаний TS-C комбинации растягивающей нагрузки и нагрузки от давления, определяющие каждую пронумерованную точку приложения нагрузки, приведены в таблице ДА.7 и на рисунке ДА.34; порядок, в котором точки приложения нагрузки применяются при испытаниях, и количество раз применения каждой точки приложения нагрузки приведены в таблице ДА.13.

Испытательные образцы резьбового соединения (см. таблицу ДА.1 и рисунки ДА.6 и ДА.7) подвергают следующим действиям:

- a) определяют осевую нагрузку и внутреннее давление в соответствии с таблицей ДА.7;
- b) проводят испытание в соответствии с указаниями, приведенными в настоящем стандарте, и в соответствии с рисунками ДА.33 и ДА.34:
 - 1) проводят выявление утечек в соответствии с ДА.5.10;
 - 2) нагревают образец и контролируют температуру термомпарами в соответствии с ДА.5.10 и таблицей ДА.13;
 - 3) нагрузки от давления и осевые нагрузки прикладывают в любое время во время нагрева или при выдержке 60 мин термических испытаний;



- 1 – температура окружающей среды; 2 – первоначальный нагрев; 3 – минимальная выдержка 60 мин при повышенной температуре; 4 – охлаждение; 5 – выдержка 5 мин; 6 – нагрев; 7 – выполнение 10 термических циклов для CAL III и CAL IV; 8 – типичный термический цикл (должен длиться не менее 30 мин); 9 – окончательное охлаждение; 10 – пять циклов давление-растяжение, выполненных при температуре менее 95 °F (35 °C)

Рисунок ДА.33 – Испытания TS-C – термические/механические циклы для CAL III и CAL IV



Рисунок ДА.34 – Испытания TS-C – процедура расчета траектории нагружения

4) в течение выдержки 60 мин при повышенной температуре (см. позицию 3 на рисунке ДА.33), проводят 10 термических циклов;

5) проводят пять механических циклов:

i) снимают нагрузки;

II) охлаждают образцы до температуры меньше или равной 95 °F (35 °C) (см. позицию 9 на рисунке позицию 33);

III) выполняют пять механических циклов при температуре окружающей среды, как указано в таблице ДА.13 (позиция 10 на рисунке ДА.33) с максимальной температурой, меньше или равной 95 °F (35 °C);

с) контролируют температуру во время испытаний термометрами в соответствии с ДА.5.10;

d) в протоколе испытаний на герметичность резьбового соединения для испытания TS-C фиксируют результаты в соответствии с рисунком ДА.В.9.

В таблице ДА.13 приведены испытания, требуемые для TS-C.

Т а б л и ц а ДА.13 – Этапы нагружения при испытаниях TS-C

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Этап нагружения	Температура	Время выдержки, мин
1	Ноль	-	Нагрев	-
2	14 _e	-	356 °F (180 °C)	60
3	14 _e	TC1	Охлаждение	-
4	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
5	14 _e		Нагрев	-
6	14 _e		356 °F (180 °C)	5
7	14 _e	TC2	Охлаждение	-
8	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
9	14 _e		Нагрев	-
10	14 _e		356 °F (180 °C)	5
11	14 _e	TC3	Охлаждение	-
12	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
13	14 _e		Нагрев	-
14	14 _e		356 °F (180 °C)	5
15	14 _e	TC4	Охлаждение	-
16	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
17	14 _e		Нагрев	-
18	14 _e		356 °F (180 °C)	5
19	14 _e	TC5	Охлаждение	-
20	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
21	14 _e		Нагрев	-
22	14 _e		356 °F (180 °C)	5
23	14 _e	TC6	Охлаждение	-
24	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
25	14 _e		Нагрев	-
26	14 _e		356 °F (180 °C)	5
27	14 _e	TC7	Охлаждение	-
28	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
29	14 _e		Нагрев	-
30	14 _e		356 °F (180 °C)	5
31	14 _e	TC8	Охлаждение	-
32	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5

Окончание таблицы ДА.13

Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Этап нагружения	Температура	Время выдержки, мин
33	14 _e	ТС8	Нагрев	-
34	14 _e		356 °F (180 °C)	5
35	14 _e	ТС9	Охлаждение	-
36	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
37	14 _e		Нагрев	-
38	14 _e		356 °F (180 °C)	5
39	14 _e	ТС10	Охлаждение	-
40	14 _e		До 125 °F (52 °C) включ.	5
41	14 _e		Нагрев	-
42	14 _e		356 °F (180 °C)	5
43	Ноль	-	Охлаждение	-
44	28а90	Переход	До 95 °F (35 °C) включ.	-
45	14а90	-	До 95 °F (35 °C) включ.	5
46	30а90	МС1	До 95 °F (35 °C) включ.	2
47	31а90			2
48	29а90			2
49	14а90			5
50	30а90	МС2	До 95 °F (35 °C) включ.	2
51	31а90			2
52	29а90			2
53	14а90			5
54	30а90	МС3	До 95 °F (35 °C) включ.	2
55	31а90			2
56	29а90			2
57	14а90			5
58	30а90	МС4	До 95 °F (35 °C) включ.	2
59	31а90			2
60	29а90			2
61	14а90			5
62	30а90	МС5	До 95 °F (35 °C) включ.	2
63	31а90			2
64	29а90			2
65	14а90			5
66	Ноль	-	До 95 °F (35 °C) включ.	-

ДА.7.4 Испытания при предельных нагрузках**ДА.7.4.1 Принципы испытаний**

Испытания при предельных нагрузках проводят для определения допустимых нагрузок на конструкцию резьбового соединения. Испытания при предельных нагрузках имеют большое значение для демонстрации работоспособности резьбового соединения за пределами диапазона испытательных нагрузок. Они могут быть также полезны для корреляции экспериментальных данных с результатами расчета методом конечных элементов FEA. Результаты испытания при предельных нагрузках используются для оценки соответствия резьбового соединения требованиям настоящего стандарта, однако эти результаты могут потребовать пересмотра предельных нагрузок, первоначально установленных изготовителем (см. ДА.5.3.2).

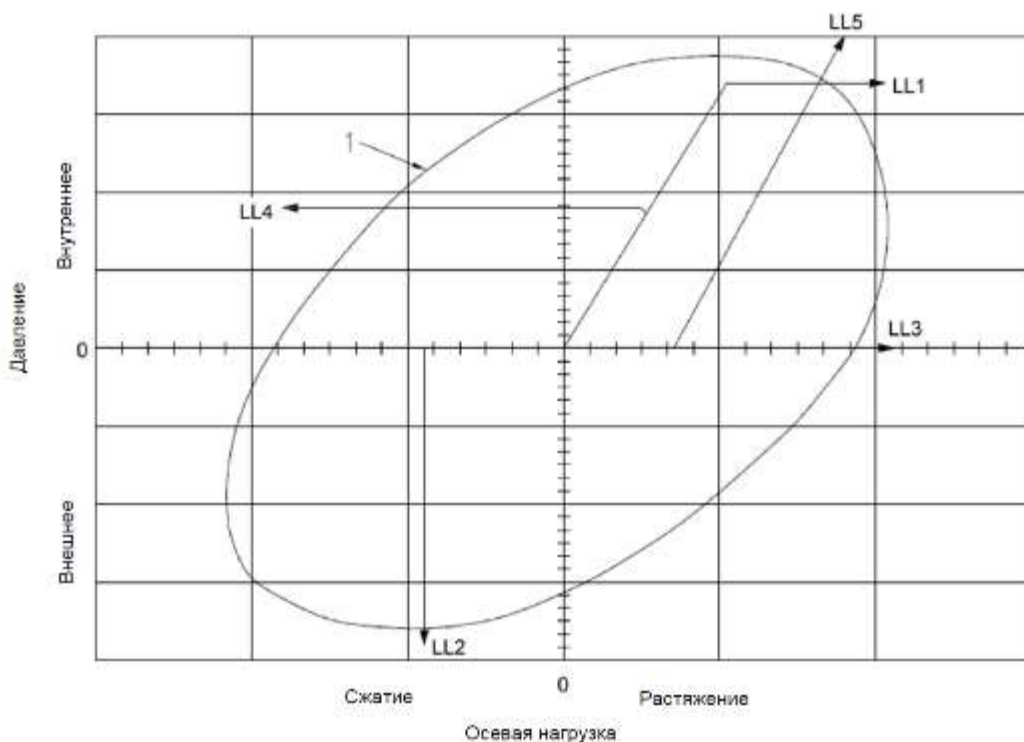
Конкретные варианты предельных нагрузок приведены в ДА.7.5. На рисунках ДА.35 и ДА.36 показаны варианты предельных нагрузок для резьбового соединения.

При испытаниях при предельных нагрузках давление должно создаваться жидкой средой. После окончания испытаний при предельных нагрузках расстояния L_A , L_B и L_C измеряют и записывают в форму, приведенную на рисунке ДА.В.7.

Информационные листы изготовителя резьбовых соединений, приведенные в ДА.А.1.5 и таблице ДА.А.1, должны включать номинальные разрушающие нагрузки, основанные на установленном минимальном пределе текучести SMYS и номинальных размерах резьбовых соединений. Информационные листы изготовителя на испытательные образцы, приведенные в таблице ДА.А.2, должны включать фактические разрушающие нагрузки, основанные на фактическом минимальном пределе текучести AMYS и фактических размерах резьбового соединения (см. ДА.А.2.4). Для прямого сравнения с измеренными разрушающими нагрузками номинальные разрушающие нагрузки можно привести к уровню ожидаемых фактических разрушающих нагрузок путем умножения на следующие два коэффициента:

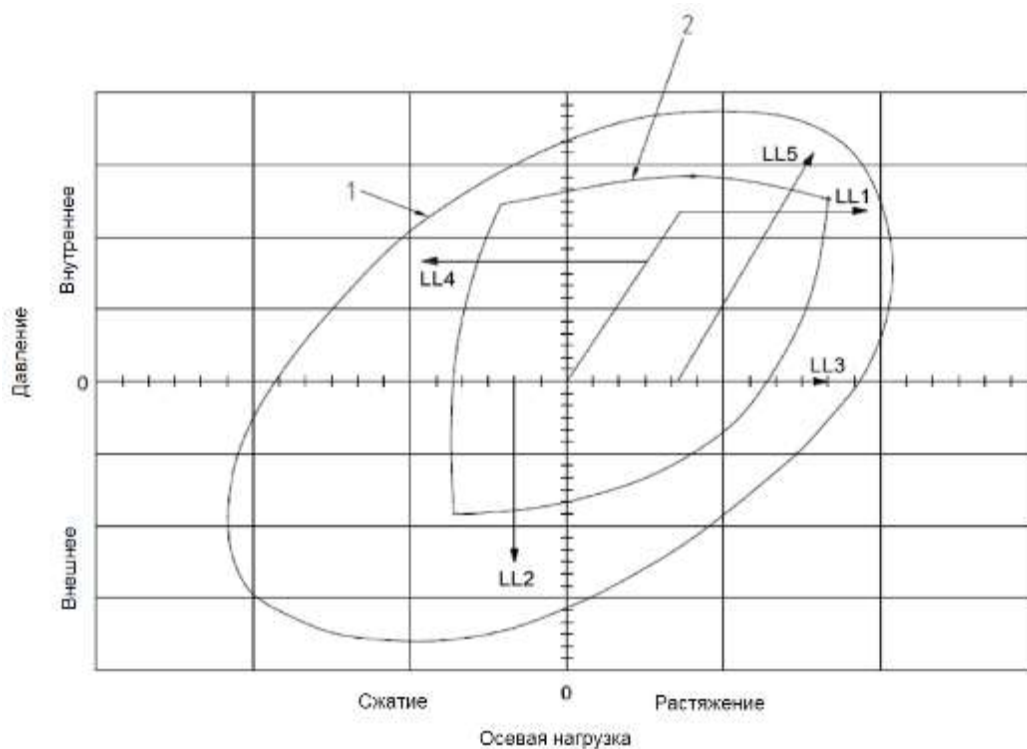
- 1) отношение фактического минимального предела текучести испытываемого материала к минимальному пределу текучести материала;
- 2) отношение фактического размера резьбового соединения к номинальному, находящегося под конкретной нагрузкой.

Для нагрузок от растяжения и сжатия подходящим размерным параметром является площадь критического сечения, а для нагрузок от давления подходящим размерным параметром является размер той части резьбового соединения, стойкость которого при испытании зависит от его геометрических параметров.



1 – 100 % области предела текучести VME для тела трубы (при эквивалентном напряжении по фон Мизесу)

Рисунок ДА.35 – Варианты испытаний при предельных нагрузках (вариант 1)



1 – 100 % области предела текучести VME для тела трубы; 2 – 100 % диапазона оценки резьбового соединения

Рисунок ДА.36 – Варианты испытаний при предельных нагрузках (вариант 2)

ДА.7.4.2 Окончание испытаний при предельных нагрузках

Испытание может быть завершено при условии выполнения любого из следующих условий:

- a) изменение суммы длин ($L_A + L_B + L_C$, см. рисунок ДА.В.4), превышает 1,5 %;
- b) в испытательном образце резьбового соединения появилась постоянная утечка;
- c) нагрузка на испытательный образец превышает 120 % СЕЕ или 111 % VME тела трубы (кривая 4^a).

Испытания можно продолжать до полного разрушения конструкции, при котором регистрируется предельная нагрузка, за исключением случая, когда утечка появилась раньше разрушения. При появлении постоянной утечки, в качестве предельной нагрузки регистрируют нагрузку в начале появления утечки.

Если при испытании под давлением постоянная утечка появилась раньше разрушения резьбового соединения, регистрируют давление и нагрузку от нагрузочного устройства и определяют интенсивность утечки в потерях объема среды или потери давления в единицу времени. Отказ испытательного образца резьбового соединения по причине разрушения или появления утечки у концевых креплений делает испытание недействительным, и оно должно быть проведено повторно, если только испытательный образец резьбового соединения не близок к отказу, что характеризуется достижением указанных выше критериев, или достаточно большой деформацией, или превышением 120 % СЕЕ. Если при нарушении концевое крепление сам испытательный образец не поврежден, то испытание этого образца резьбового соединения можно повторить. Однако если при нарушении концевое крепление испытательный образец резьбового соединения был поврежден, необходимо провести испытание нового образца резьбового соединения, который должен быть обработан в соответствии с требованиями раздела ДА.6.

ДА.7.5 Варианты испытаний при предельных нагрузках

ДА.7.5.1 Общие положения

Варианты испытания при предельных нагрузках приведены на рисунках ДА.35 и ДА.36. Испытания проводят в соответствии с рисунками ДА.4 – ДА.7.

ДА.7.5.2 Вариант испытания при предельных нагрузках 1 – Высокое внутреннее давление с растяжением, возрастающим до разрушения образца

Предельная нагрузка при варианте испытания 1 определяется следующим образом:

- a) используют количество образцов, указанное в таблице ДА.6;
- b) наблюдают за утечками, как при испытании на TLE (см. ДА.5.7), или с применением соответствующих визуальных методов;

с) прикладывают внутреннее давление до 100 % испытательной нагрузки под давлением LP 15a90;

д) поддерживая постоянное внутреннее давление, одновременно повышают растяжение до разрушения испытательного образца резьбового соединения;

е) результаты каждого испытания записывают в отдельный информационный лист (рисунок ДА.В.7) и включают фотографии разрушения испытательного образца в протокол испытаний резьбового соединения.

ДА.7.5.3 Вариант испытания при предельных нагрузках 2 – Сжатие с приложением наружного давления, возрастающего до разрушения образца

Предельная нагрузка при варианте испытания 2 определяется следующим образом:

а) используют количество образцов, указанное в таблице ДА.6;

б) контроль утечек не требуется;

с) прикладывают осевое усилие сжатия до 50 % от одноосного сжатия TLE при нулевом давлении;

д) поддерживая постоянное усилие сжатия, одновременно повышают наружное давление до разрушения испытательного образца резьбового соединения;

е) результаты каждого испытания записывают в отдельный информационный лист (рисунок ДА.В.7) и включают фотографии разрушения испытательного образца в протокол испытаний резьбового соединения.

ДА.7.5.4 Вариант испытания при предельных нагрузках 3 – Испытание растяжением до разрушения образца

Предельная нагрузка при варианте испытания 3 определяется следующим образом:

а) используют количество образцов, указанное в таблице ДА.6;

б) устанавливают нулевую нагрузку давлением и растягивают испытательный образец до разрушения;

с) результаты каждого испытания записывают в отдельный информационный лист (рисунок ДА.В.7) и включают фотографии разрушения испытательного образца в протокол испытаний резьбового соединения.

ДА.7.5.5 Вариант испытания при предельных нагрузках 4 – Внутреннее давление со сжатием, возрастающим до разрушения образца

Предельная нагрузка при варианте испытания 4 определяется следующим образом:

а) используют количество образцов, указанное в таблице ДА.6;

б) наблюдают за утечками, как при испытании на TLE (см. ДА.5.7), или с применением соответствующих визуальных методов;

с) прикладывают внутреннее давление до 70 % испытательной нагрузки давления

d) поддерживая постоянное внутреннее давление, одновременно повышают сжатие до разрушения испытательного образца резьбового соединения;

e) результаты каждого испытания записывают в отдельный информационный лист (рисунок ДА.В.7) и включают фотографии разрушения испытательного образца в протокол испытаний резьбового соединения.

ДА.7.5.6 Вариант испытания при предельных нагрузках 5 – Растяжение с приложением внутреннего давления, возрастающего до разрушения образца

Предельная нагрузка при варианте испытания 5 определяется следующим образом:

a) используют количество образцов, указанное в таблице ДА.6.

b) наблюдают за утечками как при испытании на TLE (см. ДА.5.7), или с применением соответствующих визуальных методов;

c) прикладывают осевое усилие растяжения до 50 % от одноосного растяжения TLE при нулевом давлении;

d) поддерживая постоянное усилие растяжения от станка, одновременно повышают внутреннее давление до разрушения испытательного образца резьбового соединения;

e) результаты каждого испытания заносят в отдельный информационный лист (рисунок ДА.В.7) и включают фотографии разрушения испытательного образца в протокол испытаний резьбового соединения.

ДА.8 Критерии приемки

ДА.8.1 Общие положения

Если резьбовое соединение выдержало испытания в соответствии с требованиями настоящего стандарта, это означает подтверждение диапазона оценки резьбового соединения СЕЕ заданному уровню оценки резьбового соединения CAL. Изготовитель отвечает за достоверность данных испытания и определение минимального диапазона эксплуатационных характеристик резьбового соединения.

Результаты испытаний могут привести к пересмотру конструкции резьбового соединения или к пересмотру диапазона оценки резьбового соединения. В первом случае (пересмотр конструкции резьбового соединения), испытания необходимо повторить. Во втором случае (пересмотр диапазона оценки резьбового соединения), отдельные испытательные образцы следует подвергнуть повторным испытаниям, если испытываемые оцениваемые границы не соответствуют пересмотренному диапазону

оценки резьбового соединения.

ДА.8.2 Испытания на свинчивание и развинчивание

Результаты испытаний на свинчивание и развинчивание считают приемлемыми при выполнении следующих условий:

а) после завершения требуемого количества испытаний на свинчивание и развинчивание при соответствующих значениях крутящего момента не наблюдается заедание или имеются повреждения от заедания, которые могут быть устранены в соответствии с критериями ремонта изготовителя;

1) незначительное или умеренное заедание в резьбе и (или) уплотнении в пределах рекомендаций изготовителя по ремонту в полевых условиях, может быть устранено в соответствии с этими рекомендациями и документально зафиксировано в соответствии с ДА.7.2.1. После такого ремонта испытания могут быть продолжены;

2) за исключением незначительного и умеренного заедания, описанного выше, заедание не допускается. Необходимо оценить причину сильного заедания, при этом необходимо показать, что причиной заедания не является недостаток конструкции. Если удастся показать, что причиной является не недостаток конструкции, то необходимо вновь испытать на свинчивание и развинчивание не менее двух новых образцов того же типа и один образец на герметичность и предельную нагрузку. Если проблему заедания не удастся разрешить, то на этом испытание заканчивается;

б) заедание на уплотнении металл-металл не допускается; однако, если незначительное заедание считается изготовителем пригодным для ремонта, следует согласовать с заказчиком метод ремонта. Все заедания и прочие несоответствия должны быть указаны в протоколе.

ДА.8.3 Испытания в диапазоне испытательных нагрузок

ДА.8.3.1 Общие положения

Результаты испытаний TLE считаются успешными, если выполняются требования к герметичности, установленные в ДА.8.3.2, и не происходит разрушения конструкции.

Резьбовое соединение соответствует установленному уровню оценки 90 %, если все испытания на герметичность, проведенные на уровне 90 %, прошли успешно, а следующие испытания, проведенные на уровне 95 %, провалились. Если все испытания, на герметичность прошли успешно на уровне 90 % и уровне 95 %, тогда резьбовое соединение подтвердило установленный уровень оценки на уровне 95 %. Требования к испытаниям и последовательность испытаний см. на рисунках ДА.1 – ДА.4.

Система выявления утечек по уровню воды чувствительна и может быть подвержена влияниям условий окружающей среды, таким как температура, изменения давления и стабилизация системы. На систему выявления утечки могут влиять изменения в объеме из-за изменений в осевой нагрузке и (или) давлении. До начала устойчивого периода выдержки, необходимо время для стабилизации системы. Если период выдержки начался слишком быстро, это может привести к ложной индикации. Необходимо принимать во внимание оценку и условия окружающей среды, чтобы определить, представляет ли отклонение стабилизацию или утечку. При необходимости, периоды выдержки следует регулировать, чтобы определить, представляет ли отклонение стабилизацию или утечку. Внутренний объем испытательного образца может меняться с изменениями осевой нагрузки и (или) давления, и данное изменение может привести к некоторому отклонению из-за времени срабатывания системы выявления утечки. Если при использовании камеры наружного давления для выявления утечки отклонения больше допустимых пределов, камеру наружного давления следует удалить и установить систему выявления утечки, как показано в ДА.5.7.

ДА.8.3.2 Испытания на герметичность при действии внутреннего давления для TS-A^a, TS-B и TS-C

В соответствии с настоящим стандартом протокол испытаний считается успешно выполненным, если требуемые условия испытаний и температура выполнены, а утечки резьбового соединения не превысили указанных ниже значений для всех периодов выдержки. Период выдержки начинается после приложения номинальных нагрузок и стабилизации системы выявления утечки. Период выдержки считается без утечки, если выполнены следующие требования. Для выдержки менее 5 мин требования к утечке не установлены:

а) для выдержки 5 мин допустимая утечка составляет до 0,3 см³ включ. Если наблюдается утечка более 0,3 см³, то выдержку следует увеличить еще на 5 мин до 10 мин и оценивать как период выдержки в 10 мин.

б) для выдержки 10 мин должны быть завершены два последовательных интервала 5 мин, с записью данных для каждого интервала 5 мин. Для выдержки 10 мин допустимая утечка составляет до 0,6 см³ включ. Если наблюдается утечка более 0,6 см³, то выдержку следует увеличить еще на 5 мин, до 15 мин. Для выдержки 15 мин допустимая утечка составляет до 0,9 см³ включ. Если наблюдается утечка более 0,9 см³, то выдержку следует увеличить на 15 мин и оценивать как период выдержки в 15 мин в соответствии с перечислением с) 4);

с) для выдержки 15 мин:

- 1) необходимо выполнить три последовательных интервала 5 мин, с записью данных для каждого интервала 5 мин;
- 2) общая утечка резьбового соединения, измеренная в выдержку 15 мин, не должна превышать 0,9 см³;
- 3) утечка в последний интервал 5 мин не должна превышать 0,3 см³;
- 4) если общая утечка резьбового соединения превышает 0,9 см³ за 15 мин или утечка в последний интервал 5 мин превышает 0,3 см³, необходимо увеличить период выдержки в интервалах 5 мин, записывая данные для каждого интервала 5 мин. Если утечка в последние три интервала 5 мин не превышает общую утечку 0,9 см³, и утечка в последний интервал 5 мин не превышает 0,3 см³, период выдержки считается пройденным без утечек. Общее время выдержки не должно превышать 60 мин (выдержка в 15 мин плюс не более девяти дополнительных интервалов 5 мин).

После увеличенного периода выдержки, если изготовитель считает, что отклонение не является результатом утечки в резьбовом соединении, изготовитель может остановить испытания для дальнейшей оценки утечки. Изготовитель должен предоставить объяснимую причину и план оценки утечки, которые должны быть зафиксированы в протоколе испытаний. Если результаты оценки утечки в плане успешны, следует повторить испытания с предыдущей точки приложения нагрузки с заданным периодом выдержки. Невозможность соблюдения вышеуказанные критерии приводит к несоответствию подтверждения СЕЕ. Тогда следует уменьшить СЕЕ и повторно пересчитать TLE, чтобы продолжить испытания;

d) для выдержки 30 мин:

- 1) необходимо выполнить шесть интервалов 5 мин, с записью данных для каждого интервала 5 мин;
- 2) общая утечка резьбового соединения, измеренная за выдержку 30 мин, не должна превышать 1,8 см³;
- 3) утечка в последний интервал 5 мин не должна превышать 0,3 см³;
- 4) если общая утечка резьбового соединения превышает 1,8 см³ за 30 мин или утечка в последний интервал 5 мин превышает 0,3 см³, необходимо увеличить период выдержки в интервалах 5 мин, с записью данных для каждого интервала 5 мин. Если утечка в последние шесть интервалов 5 мин не превышает общую утечку 1,8 см³, и утечка в последний интервал 5 мин не превышает 0,3 см³, период выдержки считается пройденным без утечек. Общее время выдержки не

должно превышать 60 мин (выдержка 30 мин плюс не более шести дополнительных интервалов 5 мин). После увеличенного периода выдержки, если изготовитель считает, что отклонение не является результатом утечки в резьбовом соединении, изготовитель может остановить испытания для дальнейшей оценки утечки. Изготовитель должен предоставить объяснимую причину и план оценки утечки, которые должны быть зафиксированы в протоколе испытаний. Если результаты оценки утечки в плане успешны, следует повторить испытания с предыдущей точки приложения нагрузки с заданным периодом выдержки. Невозможность соблюсти вышеуказанные критерии приводит к несоответствию подтверждения СЕЕ. Тогда следует уменьшить СЕЕ и повторно пересчитать TLE, чтобы продолжить испытания;

е) для выдержки 60 мин:

- 1) необходимо выполнить четыре интервала 15 мин;
- 2) записать данные для интервалов 15 мин, при этом общая утечка резьбового соединения, измеренная за выдержку 60 мин, не должна превышать 3,6 см³;
- 3) утечка в последний интервал 15 мин не должна превышать 0,9 см³;
- 4) если общая утечка резьбового соединения превышает 3,6 см³ за 60 мин или утечка в последний интервал 15 мин превышает 0,9 см³, необходимо увеличить период выдержки с интервалами 15 мин, записывая данные для каждого интервала 15 мин. Если утечка в последние четыре последовательных интервала 15 мин, составляющих интервал 60 мин, не превышает 3,6 см³, и утечка в последний интервал 15 мин не превышает 0,9 см³, то период выдержки считается пройденным без утечек. Общее время выдержки не должно превышать четырех часов (первоначальная выдержка 1 ч плюс не более 12 дополнительных интервалов 15 мин). После увеличенной выдержки, если изготовитель считает, что отклонение не является результатом утечки в резьбовом соединении, изготовитель может остановить испытания для дальнейшей оценки утечки. Изготовитель должен предоставить объяснимую причину и план оценки утечки, которые должны быть зафиксированы в протоколе испытаний. Если результаты оценки утечки в плане успешны, следует повторить испытания с предыдущей точки приложения нагрузки с заданным периодом выдержки. Невозможность соблюсти вышеуказанные критерии приводит к несоответствию подтверждения СЕЕ. Тогда следует уменьшить СЕЕ и повторно пересчитать TLE, чтобы продолжить испытания.

ДА.8.3.3 Испытания на герметичность для TS-A^e

Для испытаний TS-A с приложением внутреннего и наружного давления при повышенной температуре критерии утечки не установлены; в связи с этим, следующие данные собираются для информации:

- a) уровень потери давления во время каждой выдержки;
- b) тенденция потери давления во время каждой выдержки;
- c) необходимо фиксировать количество раз, когда давление следует повысить при каждой выдержке.

Для контроля работоспособности оборудования, если давление в точке нагружения не поддерживается, см. ДА.5.8.2.4. Если оборудование не является причиной отмеченного падения давления, можно провести альтернативное испытание для установления источника падения давления, см. ДА.5.8.2.4.

ДА.8.4 Испытания при предельных нагрузках

Испытание при предельных нагрузках позволяет подтвердить установленный диапазон оценки резьбового соединения СЕЕ при условии, что:

- a) завершено испытание по ДА.7.4;
- b) установленная предельная нагрузка превышает диапазон испытательных нагрузок TLE, установленный изготовителем, исходя из фактической прочности материала и фактических размеров резьбового соединения.

Если испытательные образцы не прошли испытания при уровне 95 %, требуется согласование проведения испытания при предельной нагрузке. Если испытательные образцы при уровне 95 % не позволяют продолжить испытания при предельной нагрузке, необходимо изготовить дополнительный испытательный образец для завершения испытания при предельных нагрузках для уровня 90 %. Дополнительный испытательный образец следует использовать в состоянии окончательного свинчивания FMU и нагрева, при этом испытание на герметичность не требуется до испытания при предельной нагрузке.

ДА.9 Протокол испытания

Полный подробный протокол испытания резьбового соединения и его результаты оформляют в соответствии с приложением ДА.С. Результаты проведенных испытаний должны быть зарегистрированы без каких-либо исключений. Первым разделом полного протокола испытаний является краткий отчет о результатах испытаний, который имеет целью краткое представление данных для широкого информирования заказчика, чтобы он мог выполнить следующее:

- а) точно указать в заказе требуемое резьбовое соединение;
- б) правильно выполнить свинчивание резьбового соединения;
- в) быть уверенным в работоспособности резьбового соединения и знать о

существующих ограничениях.

Данные испытаний служат объективным доказательством соответствия резьбовых соединений диапазону испытательных нагрузок TLE и предельным нагрузкам.

До начала программы испытаний участники должны определить, кто подготавливает и ведет заключительный протокол испытания. Протокол испытания должен быть оформлен в электронном виде. Изготовитель резьбовых соединений должен сохранять копии протокола и результаты испытаний все время, пока резьбовые соединения находятся на рынке. Результаты испытаний должны быть оформлены в виде протокола испытаний в соответствии с приложением ДА.С. Все фотографии, предусмотренные настоящим стандартом, должны быть включены в протокол, и на них должны быть идентифицированы все соответствующие элементы. Протоколы испытаний могут быть предоставлены для доступа общественности через национальную организацию по стандартизации.

Приложение ДА.А

(обязательное)

Информационный лист технических характеристик резьбового соединения и испытательных образцов

ДА.А.1 Информационный лист технических характеристик резьбового соединения

ДА.А.1.1 Общие положения

К началу испытаний изготовитель должен представить данные о технических характеристиках резьбового соединения в форме таблицы ДА.А.1.

ДА.А.1.2 Идентификация резьбового соединения

Изготовитель резьбового соединения должен представить следующие данные: размер, вес, группу прочности материала (труб и трубных заготовок для муфт), наименование резьбового соединения, а также CAL, на который должно быть испытано резьбовое соединение.

ДА.А.1.3 Геометрические параметры резьбового соединения

Изготовитель резьбового соединения должен представить подробное описание конструктивных особенностей и преимуществ резьбы, уплотнений, упорных элементов и конструкции резьбового соединения.

ДА.А.1.4 Чертеж резьбового соединения

Изготовитель резьбового соединения должен представить полный чертеж резьбового соединения с указанием критических плоскостей растяжения, сжатия, внутреннего давления, наружного давления и изгиба.

ДА.А.1.5 Информационный лист резьбовых соединений

Изготовитель резьбового соединения должен предоставить техническое описание резьбового соединения с указанием минимального количества соединений, их эксплуатационных характеристик, пределов одноосной нагрузки с точки зрения растяжения, сжатия, внутреннего давления, наружного давления и изгиба, при номинальном наружном диаметре, номинальной толщине стенки, минимальной толщине стенки в 87,5 % от номинальной толщины стенки, и SMYS в качестве исходных данных. Предельные нагрузки для резьбового соединения также должны быть выражены в процентах от минимальных эксплуатационных характеристик тела трубы.

ДА.А.1.6 Технические характеристики производства резьбовых соединений

Изготовитель должен предоставить план контроля технологического процесса с

указанием всех применяемых документов и процедур с соответствующими контрольными номерами и номерами редакций, необходимыми для полного изготовления и контроля резьбовых соединений.

ДА.А.1.7 Резьбовые соединения в сборе и ремонт резьбовых соединений

Изготовитель должен представить полное описание и способы ремонта резьбового соединения при эксплуатации в полевых условиях, включая номер процедуры и номер редакции, номер документа свинчивания заводской муфты и вспомогательного оборудования для свинчивания, а также номер процедуры сервисного ремонта в полевых условиях.

ДА.А.1.8 Процедура свинчивания-развинчивания испытательных образцов

Изготовитель должен представить документ, включающий все параметры механического свинчивания резьбового соединения, с указанием вида и количества резьбовой смазки, метода ее нанесения, скорости свинчивания, требуемого момента свинчивания, минимального и максимального значения крутящего момента окончательного свинчивания и потери момента. Этот документ должен содержать номер процедуры контроля и номер редакции и быть включен в план контроля технологического процесса изготовителя. Выполнение ремонта резьбовых соединений должно производиться в соответствии с процедурами изготовителя по ремонту при эксплуатации в полевых условиях. Изготовитель резьбового соединения должен представить полное описание ремонта резьбовых соединений и методику ремонта испытательных образцов.

ДА.А.2 Информационный лист испытательных образцов

ДА.А.2.1 Общие положения

До начала испытаний изготовитель должен представить данные о технических характеристиках испытательных образцов в форме таблицы ДА.А.2.

ДА.А.2.2 Эталонные границы испытательного образца тела трубы

Изготовитель резьбового соединения должен представить эталонные границы тела трубы относительно растяжения, сжатия, внутреннего давления, наружного давления для каждого испытательного образца, основанные на замеренных свойствах (см. ДА.7.3.1.2).

ДА.А.2.3 СЕЕ испытательного образца

Изготовитель резьбового соединения должен представить СЕЕ относительно растяжения, сжатия, внутреннего давления, наружного давления и изгиба для каждого испытательного образца с определением каждой требуемой точки СЕЕ, основанные на замеренных свойствах (см. ДА.7.3.1.3 и таблицу ДА.7).

Т а б л и ц а ДА.А.1 – Информационный лист технических характеристик резьбового соединения

ДА.А.1.2 Идентификация резьбового соединения				
Описание изделия	Наружный диаметр, масса (бирка: масса)	Толщина стенки	Группа прочности	Наименование изделия
Группа прочности муфты (если она отличается от группы прочности тела трубы)				
Уровень оценки резьбового соединения (CAL), по которому проводится испытание				
ДА.А.1.3 Геометрические параметры резьбового соединения				
ДА.А.1.4 Чертеж резьбового соединения (приложить отдельные страницы с чертежами поперечного сечения)				
ДА.А.1.5 Информационный лист резьбового соединения Документ № (приложить копию)			Номер и дата введения редакции	
ДА.А.1.6 Техническая документация на изготовление резьбового соединения Представить полную документацию с указанием всех применяемых документов и процедур с контрольными номерами и номерами редакций, необходимых для изготовления, контроля и монтажа изделия. Эта документация должна включать, как минимум, следующее:				
План контроля технологического процесса (копия)			Номер и дата введения редакции	
Чертеж ниппельного элемента			Номер и дата введения редакции	
Чертеж раструбного элемента			Номер и дата введения редакции	
Чертеж резьбы ниппельного элемента			Номер и дата введения редакции	
Чертеж резьбы раструбного элемента			Номер и дата введения редакции	
Чертеж уплотнительного кольца, номер			Номер и дата введения редакции	
Спецификация на поверхностную обработку ниппельного элемента			Номер и дата введения редакции	
Спецификация на поверхностную обработку раструбного элемента			Номер и дата введения редакции	
Процедура калибровки измерительного калибра			Номер и дата введения редакции	
Процедура измерения и контроля резьбы			Номер и дата введения редакции	
Процедура контроля уплотнительного кольца			Номер и дата введения редакции	
Процедура высадки и снятия напряжений			Номер и дата введения редакции	
Процедура изготовления и контроля первого и последнего изделия			Номер и дата введения редакции	
ДА.А.1.7 Процедуры по сборке резьбовых соединений в полевых/заводских условиях и по ремонту резьбовых соединений в полевых условиях				
Процедура свинчивания на предприятии			Номер и дата введения редакции	
Процедура свинчивания в полевых условиях			Номер и дата введения редакции	
Процедура ремонта резьбового соединения в полевых условиях			Номер и дата введения редакции	
ДА.А.1.8 Процедура свинчивания-развинчивания			Номер и дата введения редакции	
Резьбовая смазка			Тип и количество	

Т а б л и ц а ДА.А.2 – Информационный лист испытательных образцов

Раздел	Номер и дата введения редакции
ДА.А.2.2 Документ с эталонными границами испытательного образца тела трубы (копия)	Номер и дата введения редакции
ДА.А.2.3 Документ с диапазоном оценки резьбового соединения испытательного образца (копия)	Номер и дата введения редакции
ДА.А.2.4 Документ с диапазоном испытательных нагрузок испытательных образцов (копия)	Номер и дата введения редакции
ДА.А.2.5 Документ с графиками нагружения испытательных образцов (копия)	Номер и дата введения редакции
ДА.А.2.6 Документ с предельными нагрузками для испытательных образцов (копия)	Номер и дата введения редакции

ДА.А.2.4 Диапазон испытательных нагрузок испытательных образцов

Изготовитель резьбового соединения должен полностью количественно оценить диапазон испытательных нагрузок TLE для каждого испытательного образца с определением точек приложения нагрузки таким образом, чтобы можно было эффективно установить графики испытательных нагрузок, которые учитывают фактические свойства испытательных образцов (см. ДА.7.3.1.4 и таблицу ДА.7). Примеры TLE в виде таблиц и графиков представлены в приложении ДА.Е.

ДА.А.2.5 Графики нагружения испытательных образцов

Изготовитель резьбового соединения должен представить требуемые графики нагружения для каждого испытательного образца (см. таблицы ДА.8 – ДА.13).

ДА.А.2.6 Предельные нагрузки испытательного образца

Изготовитель резьбового соединения должен установить проектную разрушающую нагрузку для каждого испытательного образца. Расчет проектной предельной нагрузки должен основываться на проектных характеристиках конструкции и фактических свойствах материала. Фактические предельные нагрузки можно получить, если определены фактические характеристики конструкции и свойства материала. Изготовитель резьбового соединения должен представить методику испытаний предельной нагрузкой для каждого испытательного образца.

Приложение ДА.В

(обязательное)

Формы для регистрации данных

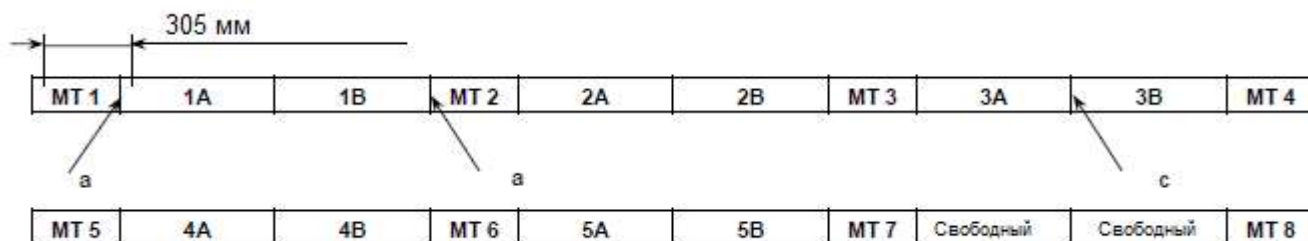
Формы для регистрации данных, представленные в настоящем приложении, или эквивалентные им в электронном виде, должны содержать данные в соответствии с ДА.С.1. Данные из информационных листов могут дублировать отчет лаборатории механических испытаний. Поскольку требуются значительные усилия при копировании результатов с вероятностью наличия в них ошибки, то рекомендуется использовать и принять формат лаборатории механических испытаний. Если данные результатов испытаний вносятся в формы вручную, следует использовать формы формата А3 или эквивалентного размера. Если формы заполняются печатным шрифтом или в электронном виде, то можно использовать формы формата А4 или эквивалентного размера при условии применения одного формата и достаточного легкого и удобного чтения данных. Допускается применение увеличенных копий форм из настоящего приложения.

Стандартная форма отчетности испытательной лаборатории материалов должна применяться совместно с рисунком ДА.В.3. Рекомендуется использование образцов для испытаний материала МТs в соответствии с рисунком ДА.В.1.

Для измерения размеров каждого испытательного образца см. рис. ДА.В.2. Следует использовать рисунок ДА.В.2 в сочетании с рисунком ДА.В.5. В каждом сечении плоскость 0° расположена на измеренной минимальной толщине стенке для этого сечения и будет ориентирована по-разному в каждом сечении. Изготовителю необходимо представить значение L_D для каждого раструбного соединения.



а) разметка исходной заготовки – опция 1



б) разметка исходной заготовки – опция 2



с) разметка трубной заготовки для муфт

MT – проба для испытания материала; а – граница участка отбора пробы для испытания материала;

б – патрубок без резьбы (отрезанный газовой резкой или пилой на любом этапе изготовления);

с – патрубок без резьбы (отрезанный газовой резкой или пилой после нарезания резьбы)

Рисунок ДА.В.1 – Рекомендуемое расположение исходных заготовок и трубных заготовок для муфт для испытательных образцов

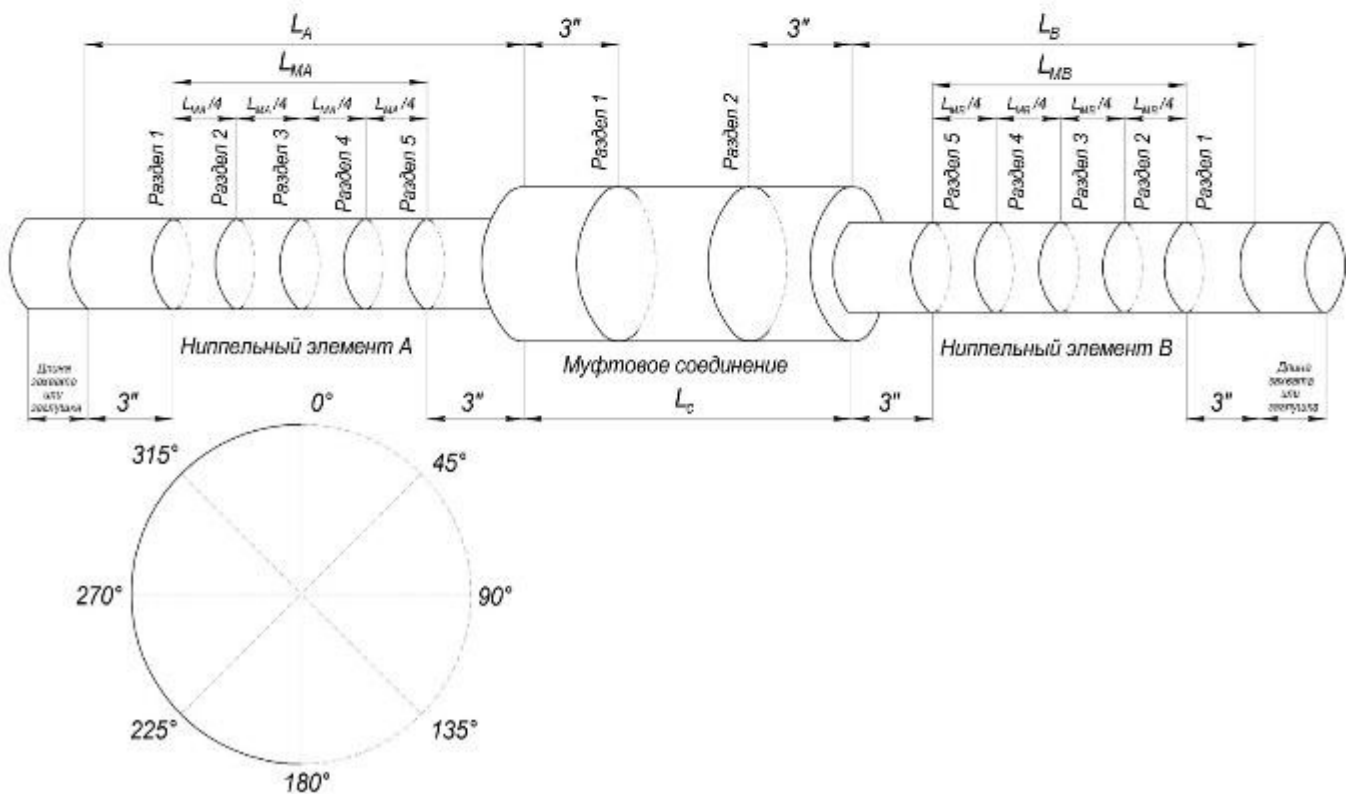
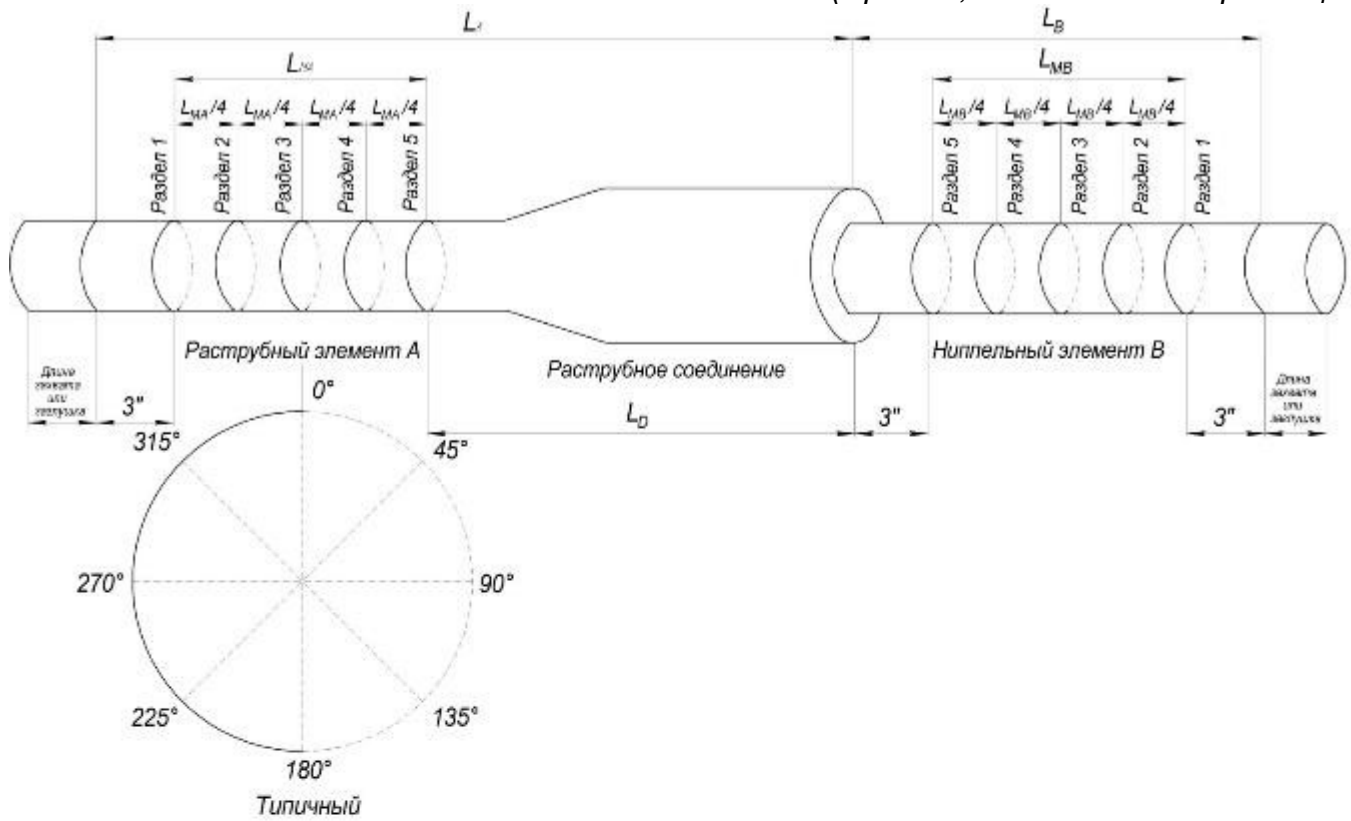
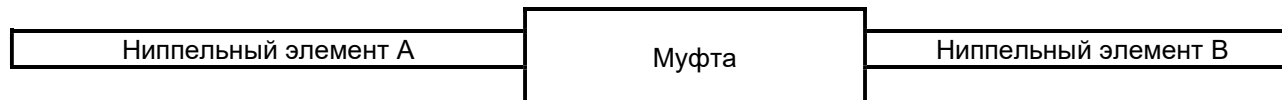


Рисунок ДА.В.2 – Чертеж для измерения размеров испытательного образца

Размер		Группа прочности		Проект №		Дата	
Масса		Резьбовое соединение		Местоположение		Технический специалист	
Заданная толщина стенки		Образец №		UT		Наблюдатель	



		Ниппельный элемент А						Муфта						Ниппельный элемент В					
1																			
2	№ исходной заготовки																		
3	Патрубок №																		
4		Спец. №	Температура	API AMIS	0,2 % предел текучести	Предел прочности	Модуль упругости	Спец. №	Температура	API AMIS	0,2 % предел текучести	Предел прочности	Модуль упругости	Спец. №	Темп.	API AMIS	0,2 % предел текучести	Предел прочности	Модуль упругости
	Результаты испытаний																		
5	Квадрант 1	Плоский 1																	
6		Плоский 2																	
7	Квадрант 2	Цилиндрический 1																	
8		Цилиндрический 2																	
9	Квадрант 3	Плоский 1																	
10		Плоский 2																	
11	Квадрант 4	Цилиндрический 1																	
12		Цилиндрический 2																	
13	Квадрант 1	Плоский 1																	
14		Плоский 2																	
15	Квадрант 2	Цилиндрический 1																	
16		Цилиндрический 2																	
17	Квадрант 3	Плоский 1																	
18		Плоский 2																	
19	Квадрант 4	Цилиндрический 1																	
20		Цилиндрический 2																	

Рисунок ДА.В.3 – Информационный лист свойств материала

Размер	
Масса	
Группа прочности	
Изготовитель соединения	
Наименование соединения	
Ниппельный элемент	
Раструбный элемент	

Образец (ы) № _____
 Резьб. смазка: _____
 Тип | Изгот. | Партия _____

Диапазон крутящ. момента _____

Резьбовая смазка: ниппель _____

Резьбовая смазка: муфта _____

Минимум		Максимум	

Дата _____

Проект № _____

Технический специалист _____

Наблюдатель _____

Месторасположение _____

Зажим | Вертик. или горизонт. _____

Образец	Ниппельный элемент	Муфтовый элемент	Свинчивание №	Количество смазки		Проектный момент свинчивания	Запечик		Полное свинчивание		Скорость свинчивания, об/мин	Момент развинчивания	Замечания по ремонту и задирам
				Ниппельный элемент	Раструбный элемент		Момент смыкания упорных элементов	Число оборотов	Суммарный момент	Суммарное число обор.			
Номер	Элемент: А/В	№	№	№	№								
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Рисунок ДА.В.4 – Журнал по свинчиванию-развинчиванию

Размер Группа прочности Проект № Дата

(Проект, окончательная редакция)

Масса		Резьбовое соединение		Местоположение		Технический специалист	
Заданная толщина стенки		Образец №		UT		Наблюдатель	

Расположение	Ниппельный элемент А					Ниппельный элемент А					Муфта		Замечания
	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 5	Раздел 4	Раздел 3	Раздел 2	Раздел 1	Раздел А	Раздел В	
1	Длина поверхности элемента												
Измерение наружного диаметра													
2	0° - 180°												
3	45° - 225°												
4	90° - 270°												
5	135° - 315°												
6	Мин.												
7	Макс.												
8	Среднее												
Измерение толщины стенки													
9	0°												
10	45°												
11	90°												
12	135°												
13	180°												
14	225°												
15	270°												
16	315°												
17	Мин.												
18	Макс.												
19	Среднее												
Средний внутренний диаметр													
20													
Ссылка на рисунок ДА.В.2													
21	Ниппельный элемент А – L_A	Ниппельный элемент В – L_B	Муфта – L_C	Неразъемная муфта – L_D	Замер – L_{ma}	Замер – L_{mb}							
											D_{avg}	t_{min}	t_{avg}

Рисунок ДА.В.5 – Форма для геометрических параметров трубы испытательного образца

Изготовитель соединения		Образец №	
Соединение		Номер муфты (муфтового конца)	
Размер		Номер ниппеля А	
Масса		Номер ниппеля В	
Заданная толщина стенки			
Группа прочности			

Чертеж №	
Ревизионный уровень чертежа	
Дата ревизии	

	Элемент А (как обработано ^а)		Элемент В (как обработано ^а)	
	Внутренний	Наружный	Внутренний	Наружный
Диаметр металлического уплотнителя ниппеля				
Диаметр металлического уплотн. муфты				
Натяг металлического уплотнения				
Диаметр канавки кольца				
Ширина канавки кольца				
Расположение канавки кольца				
Натяг калибра-пробки диаметр резьбы				
Натяг калибра-кольца диаметр резьбы				
Натяг резьбы (зазор)				
Конусность ниппельного элемента				
Конусность муфтового элемента				
Ошибка шага ниппельного элемента				
Ошибка шага муфтового элемента				
Овальность металлического уплотнения ниппеля				
Овальность металлического уплотнения муфты				

Технический специалист		Дата	
Наблюдатель		дата	

^{а)} Перед нанесением покрытия, покраски или другой обработки поверхности.

Рисунок ДА.В.6 – Информационный лист геометрических параметров резьбового соединения

Размер

Образец №

Стр. ____ из ____
Дата

Масса			Протокол испытаний			Проект №		
Группа прочности			Расположение/нагрузочное устройство			Тех. специалист		
Соединение			Датчик(и)			Наблюдатель		
Рабочая среда под давлением			Скорость нагнетания			Величина осевой нагрузки		
1	Время	Загрузка оборудования	Давление	Определение утечки		Примечание		
				A	B			
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Применяемая разрушающая нагрузка:						Разрушающая нагрузка:		
При давлении утечки		Давление	Нагрузка станка		Нагрузка рамы		Нагрузка рамы + CEPL	
При давлении разрушения			Нагрузка станка				Общая нагрузка	
Максимальные параметры испытания			Нагрузка станка				Общая нагрузка	
Конечная длина: L_A		Конечная длина: L_B		Конечная длина: L_C				
Описание и расположение разрушения								
Замечания								

Рисунок ДА.В.7 – Журнал испытаний – Разрушающая/предельная нагрузка

Размер	
Масса	
Группа прочности	
Соединение	

Образец №	
Протокол испытаний	
Расположение/нагрузочное устройство	
Датчик(и)	

Дата	
Проект №	
Тех. специалист	
Наблюдатель	

	Время	Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Нагрузка устройства	Изгиб	Давление	Температура	Выявление утечки				Примечание
								СС А	Δ СС А	СС В	Δ СС В	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Рисунок ДА.В.8 – Журнал испытаний герметичности резьбовых соединений (выявление утечки при внутреннем давлении)

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

Стр. _____ из _____

Размер	
Масса	
Группа прочности	
Соединение	

Образец №	
Протокол испытаний	
Расположение/нагрузочное устройство	
Датчик(и)	

Дата	
Проект №	
Тех. специалист	
Наблюдатель	

	Время	Этап нагружения	Точка приложения нагрузки	Нагрузка устройства	Изгиб	Давление		Температура	Выявление утечки		Примечание
						Внутреннее	Наружное		СС	ΔСС	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Рисунок ДА.В.9 – Журнал испытаний герметичности резьбовых соединений (выявление утечки при наружном давлении)

Приложение ДА.С

(обязательное)

Сводный протокол испытаний резьбового соединения

ДА.С.1 Общие положения

В настоящем приложении приведены указания по оформлению сводного протокола испытаний резьбового соединения, выполненных в соответствии с настоящим стандартом. В протокол должна войти необходимая информация для заполнения документов по испытываемому резьбовому соединению, производству, процедуре сборки и результатам испытаний соединений в сборе, выполняемом диапазоне испытательных нагрузок TLE и испытаний предельными нагрузками. Предоставляемая информация должна быть достаточной для полной характеристики испытываемого резьбового соединения и подтверждения того, что резьбовое соединение обладает необходимой работоспособностью, и достаточной информацией о любых ограничениях.

В сводном протоколе должны быть указаны отклонения от установленных процедур (при наличии), но не должна дублироваться информация о процедурах, приведенных в настоящем стандарте. Протокол должен включать заслуживающие внимания явления, не являющиеся отклонениями, но которые полезно включить в протокол, например, утечки оборудования, длительные задержки линии, переключение с камеры наружного давления на места утечки для TS-A при температуре окружающей среды и т.п. Также в сводный протокол могут быть включены проведенные дополнительные испытания, которые не требуются для заданного уровня применения, но необходимо указать, что они являются дополнительными по сравнению с требованиями настоящего стандарта.

Сводный протокол испытаний должен содержать, как минимум, информацию, указанную в ДА.С.2.1.

Структура протокола содержит 10 разделов (каталогов в электронном виде) с папкой 1 «Краткий отчет». Каждый каталог или подкаталог содержит данные в электронном виде, собранные во время испытаний и отсканированные рукописные журналы (при наличии). После завершения испытания, протокол отправляют в электронном виде с каталогами или в бумажном виде в соответствии с указанной процедурой.

Подкаталоги под каждым разделом могут использоваться для разделения данных по каждому испытательному образцу. Наименование файла должно быть уникальным для каждого набора данных и отображать номер испытательного образца и протокол

испытания. Идентификационный номер каждого раздела приведен в ДА.С.2.

Каждый набор данных в электронном виде или в формате рукописного журнала должен идентифицировать в качестве заголовка первой строки наименование, размер, вес, группу прочности, резьбовое соединения, номер испытательного образца и уникальный идентификационный номер (например номер проекта или номер заказа на поставку). Каждый ввод данных или запись в журнале должна включать отметку даты и времени. Электронные файлы, формы, и журналы должны содержать информацию о лицах, ведущих записи или осуществляющих контроль за записью данных.

Формы данных, представленные в приложении ДА.В, являются обязательными, но поскольку они не всегда имеются в цифровом исполнении, допускается применение их эквивалента в электронном виде.

Структура протокола состоит из 10 разделов, как показано в таблице ДА.С.1.

Т а б л и ц а ДА.С.1 — Перечень разделов протокола

Наименование	Раздел
Краткий отчет	ДА.С.2.1
Технические характеристики резьбового соединения	ДА.С.2.2
Технические характеристики материала и его механические свойства	ДА.С.2.3
Геометрические данные материала трубы и трубной заготовки для муфт	ДА.С.2.4
Геометрические данные испытательного образца	ДА.С.2.5
Данные о свинчивании и развинчивании	ДА.С.2.6
Диапазоны для испытательных образцов и графики нагрузки	ДА.С.2.7
Герметичность испытательного образца и данные об испытаниях при предельных нагрузках	ДА.С.2.8
Документация по испытательному оборудованию	ДА.С.2.9
Данные о дополнительных испытаниях	ДА.С.2.10

ДА.С.2 Разделы протокола

ДА.С.2.1 Краткий отчет

Раздел включает, как минимум, следующую информацию:

- а) идентификационные данные резьбового соединения (наименование резьбового соединения);
- б) идентификационные данные труб (размер, масса, группа прочности);
- в) ссылка на настоящий стандарт;
- д) класс испытаний, соответствующий уровню оценки резьбового соединения CAL;
- е) количество испытательных образцов;
- ф) температура, применяемая при испытаниях;
- г) дата и место проведения испытания, и испытательное оборудование;

- h) идентификационные данные лица, проводящего испытания;
- i) уведомление о третьей стороне, контролирующей испытания;
- j) сводная таблица испытаний с указанием испытательных образцов, проведенных испытаний и результатов базовых испытаний;
- k) оценка результатов проведенных испытаний;
- l) дополнительные испытания, выполняемые в рамках программы испытаний;
- m) запланированные отклонения от настоящего стандарта;
- n) незапланированные отклонения от настоящего стандарта.

ДА.С.2.2 Технические характеристики резьбового соединения

Раздел включает, как минимум, следующую информацию:

- a) идентификация резьбового соединения (ДА.А.1.2, таблица ДА.А.1);
- b) данные по геометрическим параметрам резьбового соединения (ДА.А.1.3, таблица ДА.А.1);
- c) чертеж резьбового соединения (ДА.А.1.4, таблица ДА.А.1.);
- d) информационный лист технических характеристик резьбового соединения должен содержать информацию о минимальных эксплуатационных характеристиках резьбового соединения, геометрических параметрах резьбового соединения (наружный диаметр, внутренний диаметр, проходной диаметр, потери при свинчивании, наружный диаметр муфты, длина муфты), рекомендуемый момент свинчивания, и другие данные, применимые для общего использования резьбового соединения (ДА.А.1.5, таблица ДА.А.1);
- e) технические характеристики производства резьбовых соединений должны включать план контроля технологического процесса, номера чертежей продукции, требования к инструментальной оснастке, процедуры контроля, методики калибровки калибров, прочие производственные процессы, требования к обработке поверхности, покрытию и покраске, упаковке, направлению резьбы, а также к защите от коррозии (ДА.А.1.6, таблица ДА.А.1);
- f) процедуры по сборке резьбовых соединений в полевых/заводских условиях и по ремонту резьбовых соединений в полевых условиях (ДА.А.1.7, таблица ДА.А.1);
- g) процедуры свинчивания-развинчивания испытательного образца, включая требования к резьбовой смазке, к крутящему моменту, и к скорости свинчивания для каждого испытательного образца (ДА.А.1.8, таблица ДА.А.1);
- h) документ с эталонными границами испытательного образца тела трубы (ДА.А.2.2, таблица ДА.А.2);
- i) документ с диапазоном оценки резьбового соединения испытательного образца

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)
(ДА.А.2.3, таблица ДА.А.2);

j) документ с диапазоном испытательных нагрузок испытательных образцов (ДА.А.2.4, таблица ДА.А.2);

к) документ с графиками нагружения испытательных образцов (ДА.А.2.5, таблица ДА.А.2);

l) документ с предельными нагрузками для испытательных образцов (ДА.А.2.6, таблица ДА.А.2).

ДА.С.2.3 Технические характеристики материала и механические свойства

Раздел включает, как минимум, следующую информацию:

а) технические характеристики труб и трубных заготовок для муфт, требуемые для резьбовых соединений;

б) разметку испытательного образца и патрубка для отбора пробы для испытаний (исходная заготовка и трубная заготовка для муфт) – см. рисунок ДА.В.1. Следует обеспечить прослеживаемость каждого испытательного образца патрубка и образца для испытания материала МТ до исходной заготовки, включая расположение в пределах исходной заготовки;

с) результаты испытаний механических свойств, включая копии протоколов испытаний материала (МТR) и протокол испытаний механических свойств МТ, а также информационный лист свойств материала для каждого испытательного образца (см. рисунок ДА.В.3).

ДА.С.2.4 Геометрические параметры трубы и трубной заготовки для муфт (измерение наружного диаметра и толщины стенки)

Раздел включает информацию о минимальной толщине стенке, минимальной средней толщине стенки, измерения наружного диаметра каждого испытательного образца патрубка, измерения наружного диаметра каждого испытательного образца муфт. Включает информационный лист геометрических параметров трубы для каждого испытательного образца (см. рисунок ДА.В.5).

ДА.С.2.5 Геометрические данные испытательного образца (обработка внутренней/наружной поверхности, после первоначального свинчивания, после окончательного свинчивания)

Включает информационный лист геометрических параметров резьбовых соединений, представленный изготовителем с учетом расчета предельных отклонений для каждого испытательного образца (см. рисунок ДА.В.6).

ДА.С.2.6 Данные о свинчивании и развинчивании

Раздел включает следующие данные о свинчивании и развинчивании:

- а) информационные листы (см. рисунок ДА.В.4).

Данные, которые включают в регистрационный журнал: скорость свинчивания, эталонный крутящий момент, момент свинчивания до смыкания упорных элементов, суммарный крутящий момент, число оборотов свинчивания до смыкания упорных элементов и число оборотов до полного свинчивания, диапазон крутящего момента развинчивания, вес резьбовой смазки (ниппельный и (или) раструбный конец), дату, персонал, используемое оборудование, фотографии;

- б) графики крутящий момент-число оборотов.

Графики крутящий момент-число оборотов свинчивания и развинчивания резьбовых соединений должны быть представлены в электронном виде. Допускаются сканированные изображения графиков свинчивания;

- в) данные тензодатчика должны быть представлены в электронном виде. Данные, внесенные в график, могут быть представлены по запросу заказчика;

- д) отклонения или ремонт в полевых условиях.

Должны быть внесены данные о степени заедания, описание проведенного ремонта для устранения заедания, описание причин заедания и рекомендации по предотвращению заедания в дальнейшем.

Следует включить графики крутящий момент-число оборотов. Указание всех случаев превышения крутящего момента резьбовых соединений и возникшие при этом проблемы;

- е) фотографии свинчивания и развинчивания.

ДА.С.2.7 Диапазоны испытательных образцов и графики нагрузки

Раздел включает следующие диапазоны испытательных образцов и графики нагрузки:

- а) эталонные границы тела трубы – включая график эталонных границ тела трубы для каждого испытательного образца;

- б) СЕЕ – включая график СЕЕ для каждого испытательного образца и точки СЕЕ, приведенные в таблице ДА.7 на графике СЕЕ;

- в) TLE – включая график TLE для каждого испытательного образца и точки приложения нагрузки TLE, приведенные в таблице ДА.7 на графике TLE;

- д) графики нагрузки – включая графики нагружения TS-A для каждого испытательного образца, графики нагружения TS-B для каждого испытательного образца, и графики нагружения TS-C для каждого испытательного образца;

- е) испытания при предельных нагрузках – включая процедуры испытаний предельной нагрузкой для каждого испытательного образца.

ДА.С.2.8 Герметичность испытательного образца и данные об испытаниях при предельных нагрузках

Раздел включает испытания на герметичность и данные об испытаниях при предельных нагрузках, сгруппированные для каждого испытательного образца:

а) данные по развинчиванию – включая графики времени и температуры для каждого испытательного образца;

б) фотографии настроек для каждого испытания испытательного образца;

с) журнал испытаний для TS-A – включая журнал испытаний на утечку каждого испытательного образца с применением рисунка ДА.В.8 или рисунка ДА.В.9;

д) журналы испытаний для TS-B и TS-C – включая журнал испытаний на утечку каждого испытательного образца с применением рисунка ДА.В.8 и журнал испытаний на утечку;

е) графики данных испытаний – включая графики временных диаграмм для документирования применяемой нагрузки (давление, осевая нагрузка, изгиб и температура) с комментариями относительно незапланированных событий. Может быть представлено в одной или нескольких частях для каждой серии испытаний. Включая графики х-у для документирования применяемой нагрузки (давление, осевая нагрузка, изгиб и температура), с комментариями относительно незапланированных событий. Точки приложения нагрузки испытания должны быть внесены в график номинального эталонного диапазона тела трубы для каждого образца;

ф) графики испытаний при предельных нагрузках.

Точки разрушающей нагрузки (или прекращения испытаний) должны быть отмечены на графике эталонных границы тела трубы для каждого испытательного образца. Включают наблюдения относительно испытания предельной нагрузкой для каждого образца и фотографии образцов с предельной нагрузкой до и после испытания. Включают краткое описание диаграммы осевой нагрузки давления, отображающей конечные точки предельной нагрузки, смещение предельной нагрузки, разрушение конструкции и (или) конечные точки нагружения, с комментариями относительно незапланированных событий, с применением рисунка ДА.В.7;

г) выявление утечки при помощи гелия. Включают в отчет по результатам испытаний для каждого образца.

ДА.С.2.9 Документация по испытательному оборудованию

Раздел включает следующую информацию:

а) подготовка образца – при подготовке испытательного образца для испытания необходимо документировать следующее:

- 1) метод заглушки (сварной, резьбовой);
- 2) описание нагрузочного устройства;
- 3) метод изгиба;
- 4) описание системы нагрева и охлаждения;
- 5) метод применения внутреннего давления (температура окружающей среды и повышенная температура);
- 6) метод применения наружного давления (температура окружающей среды и повышенная температура);
- 7) метод выявления утечки;
- 8) контрольно-измерительные приборы (датчики для измерения осевой нагрузки, давления, температуры, тензодатчик);

b) испытательное оборудование – для испытаний образца необходимо документировать следующее:

- 1) описание или фотографии оборудования;
- 2) сертификат калибровки оборудования – включая калибровку испытательного оборудования (устройства для измерения нагрузки, датчиков давления).

ДА.С.2.10 Данные о дополнительных испытаниях

В полном протоколе приводят данные обо всех проведенных дополнительных, которые были проведены, хотя и не требуются для заданного уровня применения резьбового соединения, и указывают, что они являются дополнительными по сравнению с требованиями настоящего стандарта.

Приложение ДА.Д

(справочное)

Расчеты эталонных границ тела трубы и примеры графиков нагрузки для каждой серии испытаний

ДА.Д.1 Общие положения

Примеры в настоящем приложении приведены в информативных целях. Они не должны считаться исключительными или исчерпывающими. Настоящий стандарт не дает никаких гарантий от ошибок или упущений, явных или подразумеваемых для расчетов в настоящем приложении.

Для проведения испытания по настоящему стандарту для каждого испытательного образца необходимо создать эталонные границы тела трубы вместе с СЕЕ, испытательными нагрузками и графиками нагружения. В качестве примера, испытательный образец наружным диаметром 9,625 дюймов, с крутящим моментом 53,50 фунта/фут, группы прочности Р-110 НС, подробно описан в ДА.Д.2 – ДА.Д.6 для испытания CAL IV. В данном примере предполагается, что испытательные нагрузки основаны исключительно на контрольных эталонных границах тела трубы, например, резьбовое соединение СЕЕ является таким же, как и предельные значения эталонных границ тела трубы.

Заданные величины вводных данных, необходимые для расчетов, выделены **жирным шрифтом**. Данные величины вводных данных показывают все цифры (округление не применялось). Приведены также некоторые промежуточные вычисления; однако данные результаты могут быть округлены до отображаемого количества цифр и выделены обычным шрифтом. Для точного воспроизведения рассчитанных результатов следует использовать величины вводных данных, выделенные жирным шрифтом, и не округленные промежуточные расчеты для разработки соответствующих точек СЕЕ и точек приложения нагрузки TLE.

В ДА.Д.7 приведены нестандартные примеры потенциальных ограничений резьбовых соединений относительно эталонных кривых испытательных образцов тела трубы. Эти примеры типичны для резьбовых соединений с эффективностью соединений менее чем 100 % тела трубы.

ДА.Д.2 Характеристика испытательного образца

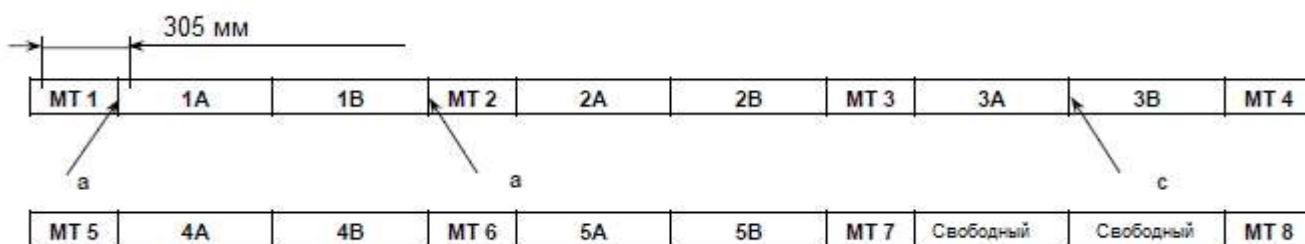
ДА.Д.2.1 Общие положения

Как показано на рисунке ДА.Д.1, указанные замеры испытательных образцов тела

трубы и результаты испытаний материалов необходимы для определения величин вводных данных для эталонных границ тела трубы.

ДА.Д.2.2 Разметка исходной заготовки

Образцы для испытания материала МТ должны быть прилегающими к ниппельным элементам А и В от каждого испытательного образца. Как описано в приложении ДА.С, возможно две потенциальных схемы. Например, рисунок ДА.В.1, выбран вариант 2. В результате, МТ1 представляет собой пробу для вырезки образца, прилегающей к ниппельному элементу 1А, а МТ2 представляет пробу для вырезки образца, прилегающей к ниппельному элементу 1В, как показано на рисунке ДА.Д.1.



b) разметка исходной заготовки – опция 2

Рисунок ДА.Д.1 – Разметка исходной заготовки (из приложения ДА.В)

ДА.Д.2.3 Испытание материалов

Для определения фактического минимального предела текучести материала при температуре окружающей среды (AMYS) и оценки коэффициента масштабирования для предела текучести при повышенной температуре (K_{temp}) при 383 °F (195 °C), используемых в расчетах эталонных границ тела трубы испытательного образца, требуются следующие испытания материала в соответствии с ДА.5.5, как показано на рисунке ДА.Д.2.

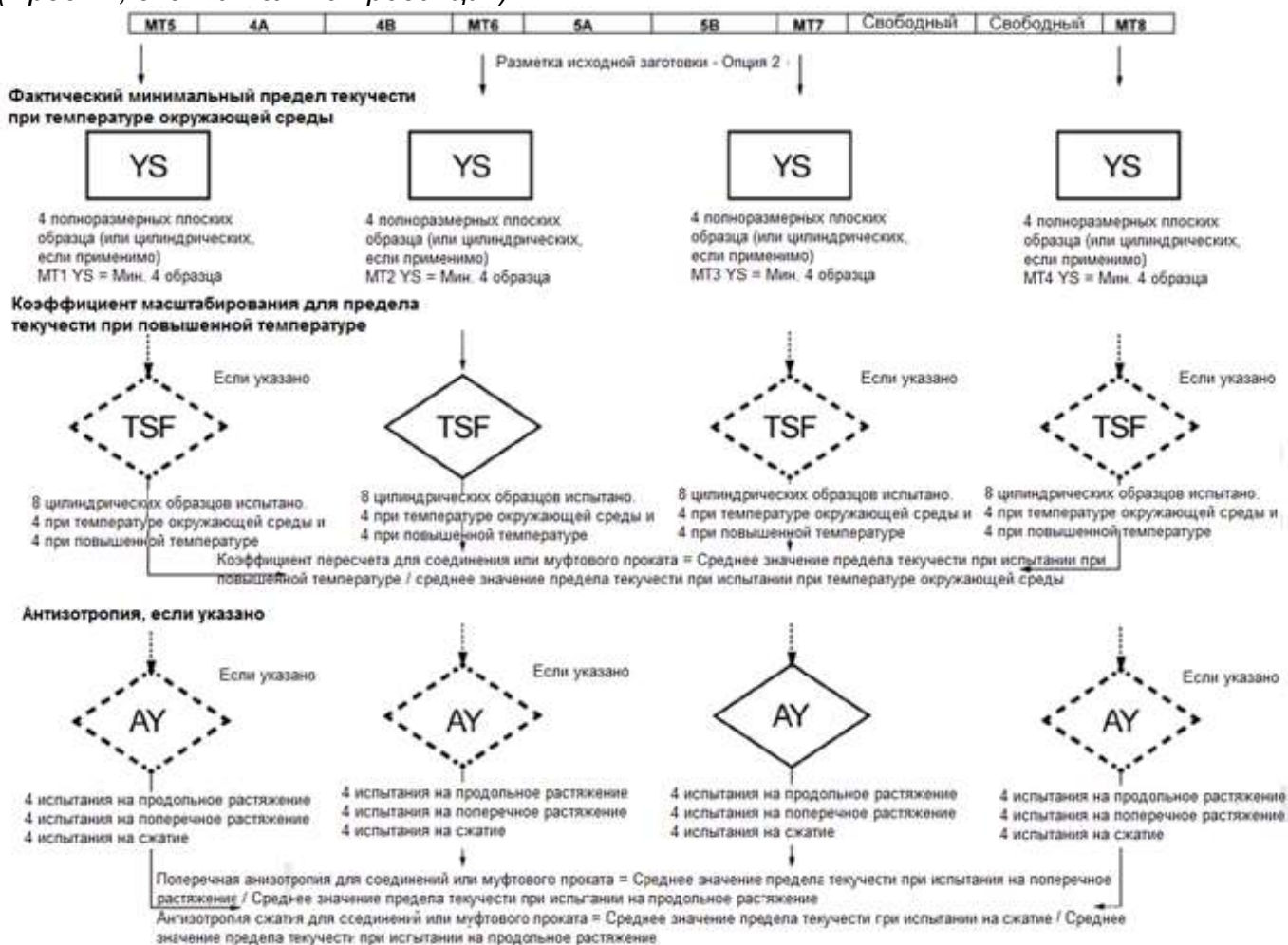


Рисунок ДА.Д.2 – Технологическая схема требований к механическим испытаниям

Соединение 1

MT1

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды, на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

MT2

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на цилиндрических образцах [2] (требуется для K_{temp}).

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при повышенной температуре на цилиндрических образцах [3] при 383 °F +0/минус 9 °F (195 °C +0/минус 41 °C) (требуется для K_{383}).

MT3

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

MT4

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

Соединение 2

MT5

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

MT6

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на цилиндрических образцах [2] (требуется для K_{temp}).

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при повышенной температуре на цилиндрических образцах [3] при 383 °F +0/минус 9 °F (195 °C +0/ минус 41 °C) (требуется для $K_{383^{\circ}}$).

MT7

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

MT8

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на полноразмерных плоских образцах, вырезанных из стенки (предпочтительно).

Если предполагается, что группы прочности материала будут анизотропными, то для MT3 и MT7 потребуются следующие испытания материалов:

- Четыре образца для испытаний на растяжение в продольном направлении при температуре окружающей среды на цилиндрических образцах [2];

- Четыре образца для испытаний на растяжение в поперечном направлении при температуре окружающей среды на цилиндрических образцах [2];

- Четыре образца для испытаний на сжатие при температуре окружающей среды на образцах [5].

ДА.Д.2.4 Выбор результатов МТ

Для определения эталонных кривых тела трубы для каждого испытательного образца требуется минимальный измеренный предел текучести при испытании на растяжение на плоском образце с полной толщиной стенки при температуре окружающей среды из МТ, непосредственно примыкающих к каждому ниппельному элементу. Кроме того, требуются средние измеренные пределы текучести по четырем испытаниям на растяжение цилиндрического образца круглого сечения при повышенной температуре и при температуре окружающей среды от выбранного МТ для каждого резьбового соединения. В таблице ДА.Д.1 обобщены результаты МТ, необходимые для определения эталонных кривых тела трубы для испытательного образца 1.

Т а б л и ц а ДА.Д.1 – Пример результатов испытаний МТ от резьбового соединения 1

Патрубок для отбора образца	МТ1	МТ2			МТ3	МТ4
	70 °F (21,1 °C)	70 °F (21,1 °C)	70 °F (21,1 °C)	383 °F (195 °C)	70 °F (21,1 °C)	70 °F (21,1 °C)
Геометрия	Плоский образец	Плоский образец	0,500 RB	0,500 RB	Плоский образец	Плоский образец
0°	128,0	132,3	125,0	110,8	130,2	131,5
90°	125,0	128,6	122,8	108,9	128,6	128,7
180°	126,3	130,5	123,8	109,7	127,4	129,3
270°	131,5	127,8	128,4	113,8	129,8	130,9
Среднее	127,7	129,8	125,0	110,8	129,0	130,1

Поскольку предпочтительны испытания материала на плоском образце с полной толщиной стенки, предел текучести из МТ1 в точке 90° (**125,0 ksi**) будет использоваться в качестве AMYS с образцом 1 (плоский образец с наименьшей толщиной стенки, примыкающий к одной из ниппельных элементов от образца 1). Предел текучести из МТ3 в точке 180° (**127,4 ksi**) будет использоваться в качестве AMYS как с образцом 2, так и с образцом 3.

Испытание материала в точке 90° RB (цилиндрического образца) из МТ2 имеет самый низкий фактический предел текучести (**122,8 ksi**); однако этот результат был преднамеренно проигнорирован при определении AMYS образца 1 и образца 2 при температуре окружающей среды, поскольку предпочтительны испытания с использованием плоских образцов.

Исходя из среднего предела текучести RB при температуре окружающей среды и при повышенной температуре от МТ2,

$$K_{temp} = \boxed{110,8 \text{ ksi}} / \boxed{125,0 \text{ ksi}} = 88,64 \%$$

Данный коэффициент масштабирования для предела текучести при повышенной температуре используется для образцов 1, 2 и 3 (все образцы от исходной заготовки).

ДА.D.2.5 Определение размеров

Размеры фактических наружных диаметров и толщина стенок патрубков требуется для определения эталонных кривых образцов тела трубы. Положения измерений указаны в приложении ДА.С (как показано на рисунке ДА.D.3). В расчетах используются максимальное значение среднего наружного диаметра, минимальное значение средней толщины стенки, и минимальная толщина стенки. Таблицы ДА.D.2 и ДА.D.3 суммируют показания по замеру размеров от ниппельного элемента А и ниппельного элемента В, использованных в примере.

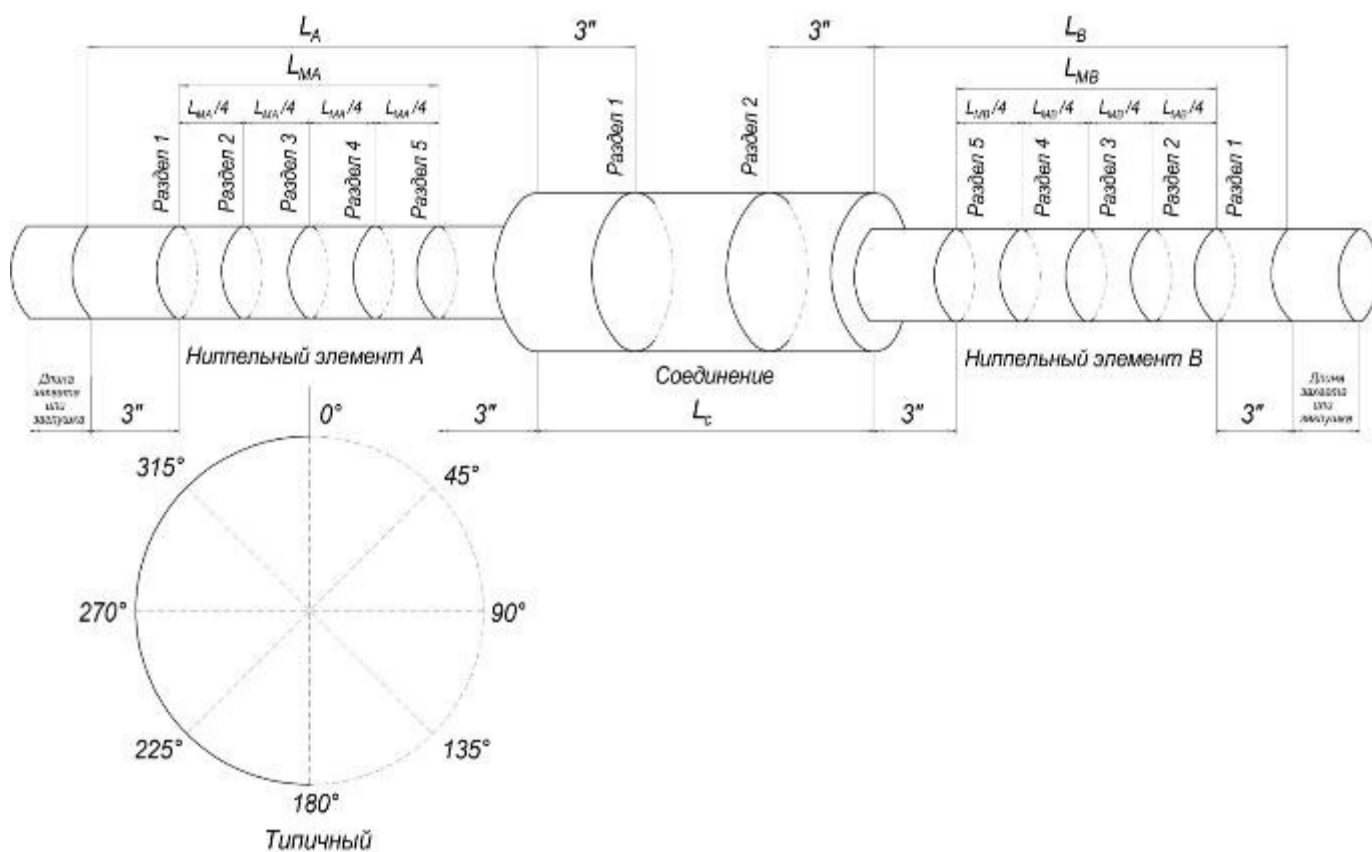


Рисунок ДА.D.3 – Положения измерений

В дюймах

Измерение	Плоскость 1	Плоскость 2	Плоскость 3	Плоскость 4	Плоскость 5
Наружный диаметр 0° – 180°	9,687	9,690	9,677	9,683	9,667
Наружный диаметр 45° – 225°	9,705	9,681	9,692	9,700	9,689
Наружный диаметр 90° – 270°	9,707	9,655	9,690	9,700	9,695
Наружный диаметр 135° – 315°	9,689	9,665	9,676	9,684	9,673
D_{avg}	9,697	9,673	9,684	9,692	9,681
$t_{0°} = t_{min}$	0,532	0,520	0,525	0,530	0,527
$t_{45°}$	0,550	0,522	0,528	0,533	0,531
$t_{90°}$	0,567	0,523	0,531	0,536	0,535
$t_{135°}$	0,556	0,543	0,546	0,548	0,545
$t_{180°}$	0,545	0,563	0,561	0,559	0,555
$t_{225°}$	0,540	0,559	0,560	0,561	0,562
$t_{270°}$	0,535	0,554	0,559	0,562	0,568
$t_{315°}$	0,534	0,537	0,542	0,546	0,548
t_{avg}	0,545	0,540	0,544	0,547	0,546

Т а б л и ц а ДА.Д.3 – Измерения ниппельного элемента В

В дюймах

Измерение	Плоскость 1	Плоскость 2	Плоскость 3	Плоскость 4	Плоскость 5
Наружный диаметр 0° – 180°	9,672	9,663	9,700	9,628	9,637
Наружный диаметр 45° – 225°	9,687	9,662	9,683	9,678	9,672
Наружный диаметр 90° – 270°	9,685	9,645	9,650	9,712	9,690
Наружный диаметр 135° – 315°	9,671	9,646	9,667	9,662	9,656
D_{avg}	9,679	9,654	9,675	9,670	9,664
$t_{0°} = t_{min}$	0,543	0,540	0,507	0,507	0,540
$t_{45°}$	0,547	0,541	0,534	0,536	0,551
$t_{90°}$	0,550	0,542	0,560	0,565	0,562
$t_{135°}$	0,548	0,552	0,555	0,564	0,567
$t_{180°}$	0,546	0,561	0,550	0,562	0,571
$t_{225°}$	0,555	0,565	0,558	0,554	0,556
$t_{270°}$	0,563	0,569	0,565	0,545	0,541
$t_{315°}$	0,553	0,555	0,536	0,526	0,541
t_{avg}	0,551	0,553	0,546	0,545	0,554

Плоскость $t_{0°}$ определяется отдельно для каждой плоскости измерений. Следовательно, установка в исходное положение 0° может не совпадать по окружности внутри ниппельного элемента или поперек образца. В результате при контроле изгиба тела трубы с помощью тензодатчиков могут потребоваться дополнительные измерения наружного диаметра и толщины стенки, поскольку они могут не совпадать с имеющимися измерениями наружного диаметра и толщины стенки.

Основываясь на измерениях из таблиц ДА.Д.2 и ДА.Д.3, размерные величины вводных данных для эталонных кривых образца тела трубы на основе фактических измерений следующие:

- максимальное среднее значение наружного диаметра = **9,697 дюйма** (ниппельный элемент А, плоскость 1);
- минимальное среднее значение толщины стенки = **0,540 дюйма** (ниппельный элемент А, плоскость 2);
- минимальная толщина стенки = **0,507 дюйма** (ниппельный элемент В, плоскости 3 и 4).

ДА.Д.3 Эталонные границы тела трубы испытательного образца при температуре окружающей среды

ДА.Д.3.1 Общие положения

Как показано на рисунке ДА.2, эталонные границы тела трубы должны быть рассчитаны на основе номинального и измеренных размеров тела трубы и минимального предела текучести материала при температуре окружающей среды. В таблице ДА.Д.4 приведены номинальные и измеренные размеры трубы, установленный и фактический минимальные пределы текучести материалов и коэффициент масштабирования для трубы, стойкой к наружному сминающему давлению для данного образца.

Т а б л и ц а ДА.Д.4 – Пример параметров тела трубы, используемых для вычисления эталонных границы при температуре окружающей среды

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	K_{nc}
<u>9,625</u> дюйма	<u>0,545</u> дюйма	<u>110,000</u> psi	<u>9,697</u> дюймов	<u>0,507</u> дюйма	<u>0,540</u> дюйма	<u>125000</u> psi	<u>9140</u> psi

ДА.Д.3.2 Кривая 1^a: Кривая номинального VME тела трубы при температуре окружающей среды

Кривая номинального VME тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 1^a) должна представлять собой график по ISO 10400, раздел 6, переменные p_i и p_o по сравнению с F_a . Для любой заданной нагрузки F_a уравнение (12) ISO 10400 должно использоваться для расчета внутреннего давления p_i , так чтобы эквивалентное напряжение σ_e было равно SMYS без применения наружного давления. С любой заданной нагрузкой F_a уравнение (12) ISO 10400 должно использоваться для вычисления наружного давления p_o таким образом, чтобы эквивалентное напряжение σ_e равнялось SMYS без применения внутреннего давления. В таблице ДА.Д.5 приведены вводные параметры, которые должны использоваться при вычислении кривой номинального VME

ГОСТ ISO 13679 – 20

(Проект, окончательная редакция)

для тела трубы (кривая 1^а). На рисунке ДА.Д.4 изображен итоговый график кривой VME тела трубы.

Т а б л и ц а ДА.Д.5 – Вводные параметры трубы и описание параметров трубы для кривой номинального VME

ISO 10400, раздел 6 (кривая 1 ^а)	
Вводные параметры трубы	Описание параметров трубы
$\sigma_e = f_{ymn} = 110000 \text{ psi}$	SMYS
$D = 9,625 \text{ дюйма}$	Номинальный наружный диаметр
$t = 0,545 \text{ дюйма}$	Номинальная толщина стенки
$t_{min} = 0,875 \times t = 0,477 \text{ дюйма}$	Минимальная толщина стенки
$d_{wall} = D - 2t_{min} = 8,671 \text{ дюйма}$	Максимальный внутренний диаметр
$d = D - 2t = 8,535 \text{ дюйма}$	Номинальный внутренний диаметр
$A_p = \pi/4 (D^2 - d^2) = 15,5465 \text{ дюймов}^2$	Номинальная площадь поперечного сечения

Уравнения (3) – (5) и (12) взяты непосредственно из ISO 10400 и могут быть изменены. Уравнения должны быть сверены с последней версией ISO 10400 перед их использованием.

Если изгиб и кручение равны нулю, то эквивалентное напряжение определяется следующим образом:

$$\sigma_e = [\sigma_r^2 + \sigma_h^2 + \sigma_a^2 - \sigma_r\sigma_h - \sigma_r\sigma_a - \sigma_h\sigma_a]^{1/2}, \quad (12)$$

$$\sigma_r = \frac{[(P_i d_{wall}^2 - P_o D^2) - (P_i - P_o) \frac{d_{wall}^2 D^2}{4r^2}]}{D^2 - d_{wall}^2}, \quad (3)$$

$$\sigma_h = \frac{[(P_i d_{wall}^2 - P_o D^2) + (P_i - P_o) \frac{d_{wall}^2 D^2}{4r^2}]}{D^2 - d_{wall}^2}, \quad (4)$$

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_p}. \quad (5)$$

П р и м е ч а н и е – Максимальное напряжение достигается при $r = d_{wall}/2$.

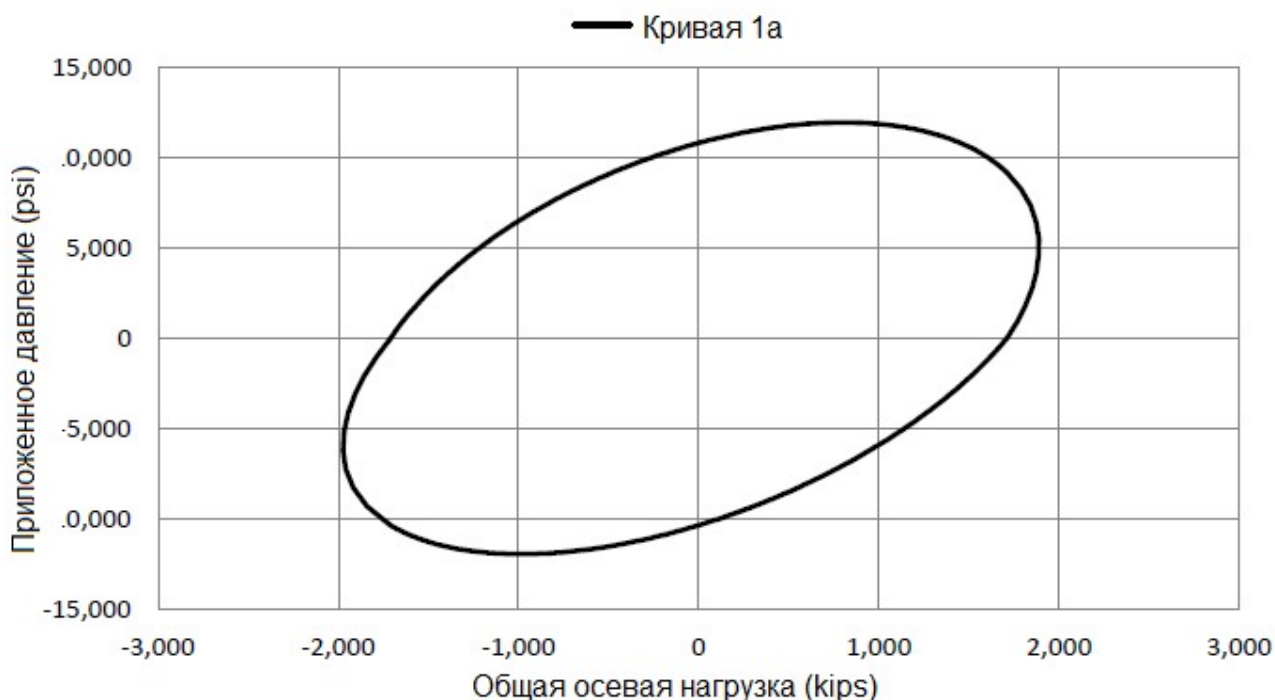


Рисунок ДА.Д.4 – Кривая номинального VME тела трубы при температуре окружающей среды

ДА.Д.3.3 Кривая 2^а: Кривая номинального смятия по API тела трубы при температуре окружающей среды

Кривая номинального смятия по API тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 2^а) должна представлять собой график по ISO 10400, раздел 8, переменная r_o по сравнению с F_a . При любой заданной осевой нагрузке F_a номинальное давление смятия по API должно быть рассчитано с использованием уравнений ISO 10400, раздел 8, уравнения для смятия тела трубы. В таблице ДА.Д.6 приведены параметры, используемые для расчетов кривой номинального смятия по API. На рисунке ДА.Д.5 изображен итоговый график кривой номинального смятия по API тела трубы.

Т а б л и ц а ДА.Д.6 – Вводные параметры трубы и описание параметров трубы для кривой номинального смятия по API

ISO 10400, раздел 8 (кривая 2 ^а)	
Вводные параметры трубы	Описание параметров трубы
$f_{ymn} = 110000 \text{ psi}$	SMYS
$D = 9,625 \text{ дюйма}$	Номинальный наружный диаметр
$t = 0,545 \text{ дюйма}$	Номинальная толщина стенки
$d = D - 2t = 8,535 \text{ дюйма}$	Номинальный внутренний диаметр
$A_p = \pi/4 (D^2 - d^2) = 15,5465 \text{ дюйма}^2$	Номинальная площадь поперечного сечения
$\sigma_a = F_a/A_p$	Осевое напряжение

Пункты 8.4.2 – 8.4.6 и 8.5.3 взяты непосредственно из ISO 10400 и могут быть

изменены. Уравнения должны быть сверены с последней версией ISO 10400 перед их использованием.

Примечание – Расчет давления смятия производится по формулам ISO 10400, раздел 8 (старые формулы API для смятия), которые отличаются от формул расчета давления смятия, приведенных в проекте ГОСТ (ISO 10400:2018, MOD). В национальной и межгосударственной стандартизации старые формулы API для смятия не используются.

8.4.2 Уравнение давления смятия по пределу текучести

Давление смятия по пределу текучести не является истинным давлением сжатия, а скорее наружное давление P_{Yp} , которое образует минимальное напряжение текучести $f_{y\text{mn}}$ на внутренней стенке трубы, рассчитанное по уравнению (35):

$$P_{Yp} = 2f_{y\text{mn}} \frac{\left[\left(\frac{D}{t}\right) - 1\right]}{\left(\frac{D}{t}\right)^2}. \quad (35)$$

Уравнение (35) для давления смятия по пределу текучести применимо для значений D/t вплоть до значений D/t , соответствующих области пересечения с уравнением пластичного смятия (37). Данная область пересечения вычисляется при помощи уравнения (36), как указано ниже:

$$\left(\frac{D}{t}\right)_{yp} = \frac{\left\{ \left[(A_c - 2)^2 + 8 \left(B_c + \frac{C_c}{f_{y\text{mn}}} \right) \right]^{1/2} + (A_c - 2) \right\}}{2 \left(B_c + \frac{C_c}{f_{y\text{mn}}} \right)} \quad (36)$$

8.4.3 Уравнение давления пластичного смятия

Минимальное давление смятия для интервала пластичности смятия рассчитывается по уравнению (37):

$$P_p = f_{y\text{mn}} \left[\frac{A_c}{\frac{D}{t}} - B_c \right] - C_c \quad (37)$$

Уравнение для минимального давления пластического смятия применимо для разделения значений D/t от $(D/t)_{yp}$, уравнения (36) для давления смятия по пределу текучести, до области пересечения с уравнением (39) для переходного давления смятия $(D/t)_{pt}$. Значения для $(D/t)_{pt}$ высчитываются при помощи уравнения (38):

$$\left(\frac{D}{t}\right)_{pt} = \frac{[f_{y\text{mn}}(A_c - F_c)]}{[C_c + f_{y\text{mn}}(B_c - C_c)]} \quad (38)$$

8.4.4 Уравнение давления смятия в переходной зоне

Минимальное давление смятия перехода из пластичной до эластичной зоны P_T высчитывается уравнением (39):

$$P_T = f_{y\text{mn}} \left[\frac{F_c}{\frac{D}{t}} - G_c \right] \quad (39)$$

Уравнение для P_T применимо для значений D/t от $(D/t)_{pt}$, уравнение (38) для

давления пластического смятия, до области пересечения $(D/t)_{te}$ с уравнением (41) для эластичного смятия. Значения для $(D/t)_{te}$ вычисляются при помощи уравнения (40):

$$\left(\frac{D}{t}\right)_{te} = \frac{\left[2 + \frac{B_c}{A_c}\right]}{\left[3 \left(\frac{B_c}{A_c}\right)\right]} \quad (40)$$

8.4.5 Уравнение давления эластичного смятия

Минимальное давление смятия для интервала эластичности смятия вычисляется при помощи уравнения (41):

$$P_E = \frac{46,95 \times 10^6}{\left[\left(\frac{D}{t}\right)\left(\frac{D}{t} - 1\right)\right]^2} \quad (41)$$

8.4.6 Давление смятия под напряжением при осевом растяжении

Сопrotивление смятия обсадных труб при наличии осевого напряжения вычисляется преобразованием напряжение текучести в осевое напряжение эквивалентной группы прочности в соответствии с уравнением (42):

$$f_{yax} = \left(\left[1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_a}{f_{ymn}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{0,5\sigma_a}{f_{ymn}} \right) f_{ymn} \quad (42)$$

8.5.3 Единицы USC

$$A_c = 2,8762 + 0,10679 \times 10^{-5} f_{ymn} + 0,21301 \times 10^{-10} f_{ymn}^2 - 0,53132 \times 10^{-16} f_{ymn}^3 \quad (49)$$

$$B_c = 0,026233 + 0,50609 \times 10^{-6} f_{ymn} \quad (50)$$

$$C_c = -465,93 + 0,030867 f_{ymn} - 0,10483 \times 10^{-7} f_{ymn}^2 + 0,36989 \times 10^{-13} f_{ymn}^3 \quad (51)$$

$$F_c = \frac{46,95 \times 10^6 \left[\frac{\left(\frac{3B_c}{A_c}\right)}{\left(2 + \frac{B_c}{A_c}\right)} \right]^3}{\left\{ f_{ymn} \left[\frac{\frac{3B_c}{A_c}}{2 + \frac{B_c}{A_c}} - \frac{B_c}{A_c} \right] \left[1 - \frac{\frac{3B_c}{A_c}}{2 + \frac{B_c}{A_c}} \right]^2 \right\}} \quad (52)$$

$$G_c = F_c B_c / A_c \quad (53)$$

В ISO 10400 не предусмотрено никаких рекомендаций для эксплуатационных характеристик тела трубы при комбинировании наружного давления (p_o) и сжатия (F_c). В соответствии с промышленным соглашением осуществляется поддержание класса постоянного однонаправленного давления смятия в течении QIII; поэтому, в комбинации с F_a , p_o равняется p_c . Исходя из этого предположения, кривая смятия по API тела трубы в QIII может быть определена для комбинации F_a и p_o таким образом, что для p_o , равного p_c , F_a колеблется от нуля до F_c , а для F_a , равного F_c , p_o колеблется от нуля до p_c . Графически это пересечение горизонтальных линий между точками $(0, p_c)$ и (F_c, p_c) и вертикальной линией между точками $(F_c, 0)$ и (F_c, p_c) .

ISO 10400, уравнение (42) справедливо только для значений натяжения между

нолем и осевым напряжением эквивалентной группы прочности 24 ksi. В результате, давление смятия считается постоянным при сжимающейся осевой нагрузке и становится неопределенным при нагрузках высокого напряжения, как показано на рисунке ДА.Д.5.

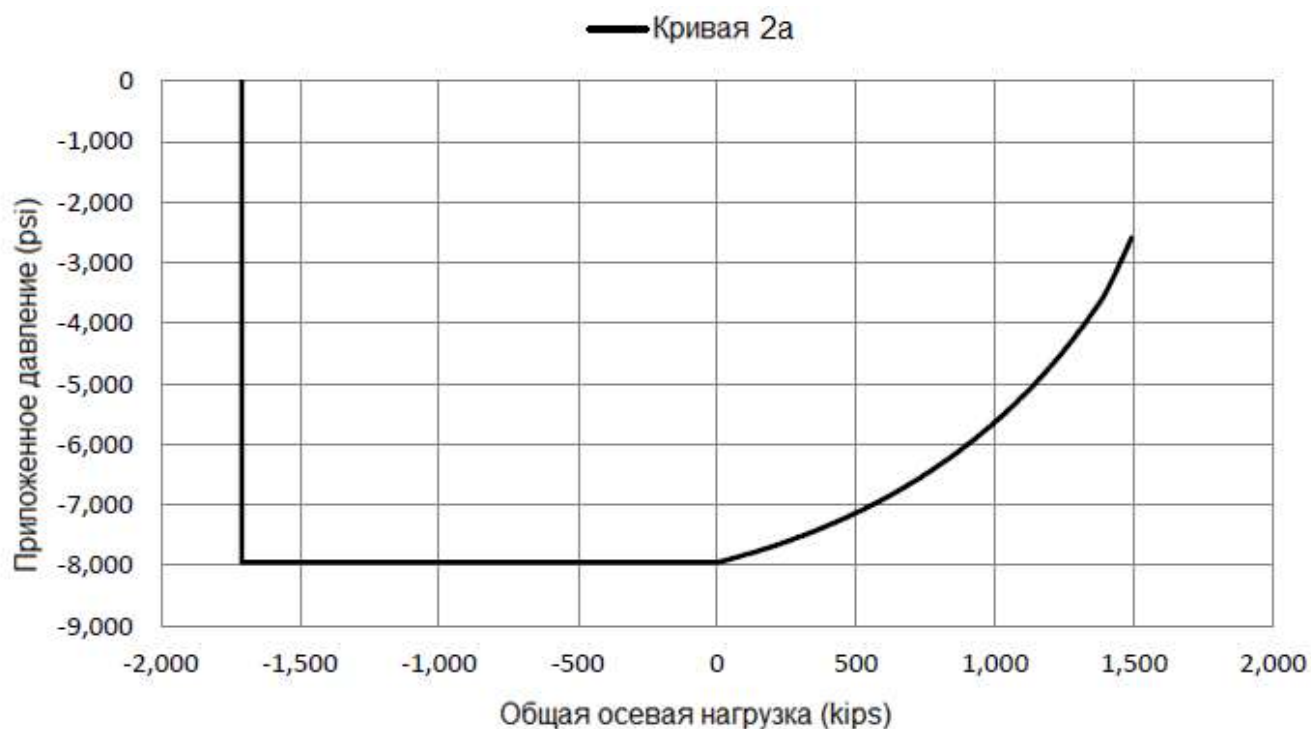


Рисунок ДА.Д.5 – Кривая номинального смятия по API тела трубы при температуре окружающей среды

ДА.Д.3.4 Кривая 3^а: Кривая собственного высокого смятия при температуре окружающей среды

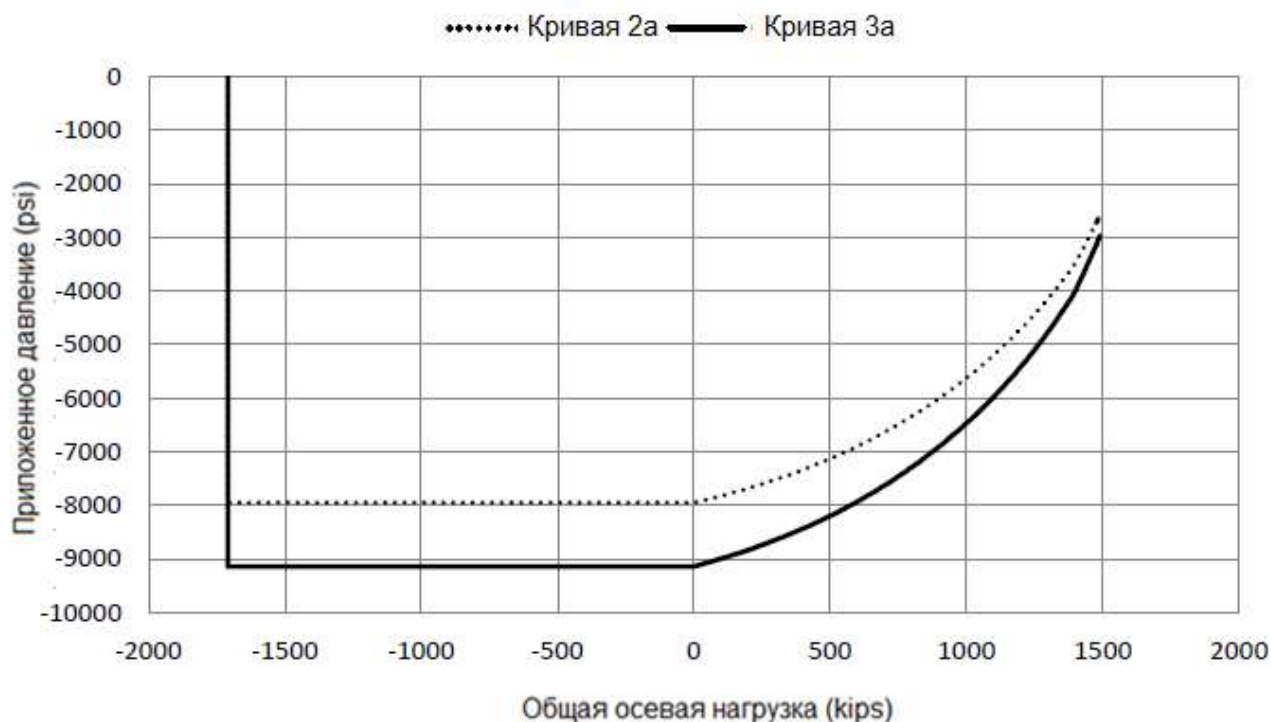
Для установленных групп прочности с высоким номинальным давлением смятия изготовители могут указывать только относительные величины высокого номинального давления смятия при нулевой осевой нагрузке. Однако для целей испытаний настоящего стандарта данные относительные величины должны быть экстраполированы для обеспечения инструкций по проведению испытаний с осевыми нагрузками. В результате, эталонная кривая собственного высокого смятия тела трубы (кривая 3^а) при температуре окружающей среды должна быть одноосно масштабируема с направлением наружу от кривой номинального смятия по API (кривая 2^а) с использованием отношения между одноосным значением кривой собственного высокого смятия и одноосным значением номинального смятия по API как коэффициента пересчета. В ДА.Д.3.3 приведены расчеты кривой номинального смятия по API.

Исходя из кривой номинального смятия по API, для каждой осевой нагрузки F_a следует умножить p_o на коэффициент масштабирования для формирования p_o для кривой собственного высокого смятия. Кривая собственного высокого смятия должна быть

построена на графике. Таблица ДА.Д.7 определяет параметры, используемые при расчете кривой собственного высокого смятия, а на рисунке ДА.Д.6 отображены полученные в результате графики образцов кривой номинального смятия по API и кривой собственного высокого смятия.

Т а б л и ц а ДА.Д.7 – Вводные параметры трубы и описание параметров трубы для кривой собственного высокого смятия

ISO 10400, раздел 8 (кривая 2 ^а)		Настоящий стандарт (кривая 3 ^а)	
Вводные параметры трубы	Описание параметров трубы	Вводные параметры трубы для испытательного образца	Описание параметров трубы для испытательного образца
$p_o = - 7950 \text{ psi}$	Относительная величина номинального смятия по API	$p_o = - 9140 \text{ psi}$	Относительная величина кривой собственного высокого смятия
–	–	$K_{hc} = 9140/7950 = 1,1497$	Одноосный коэффициент масштабирования



П р и м е ч а н и е – Кривая номинального смятия по API тела трубы показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.6 – Кривые номинального смятия по API тела трубы и собственного высокого смятия при температуре окружающей среды

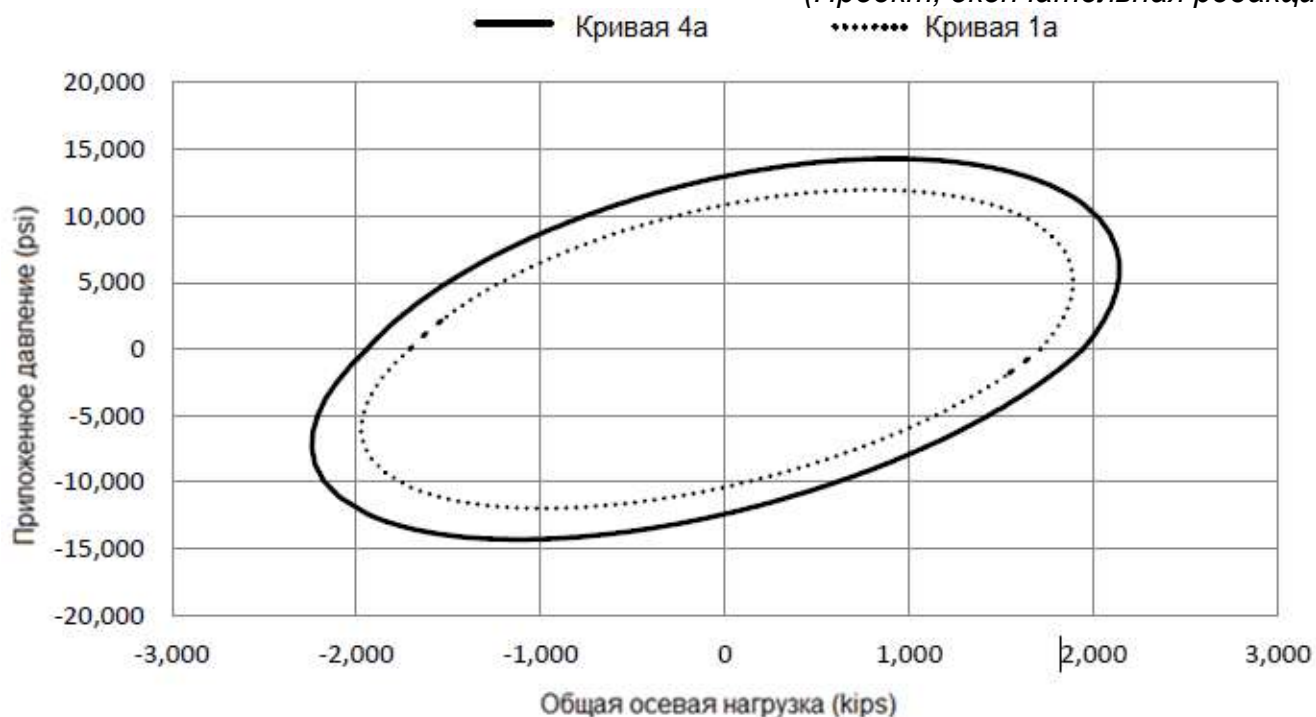
ДА.Д.3.5 Кривая 4^а: Кривая фактического VME тела трубы испытательного образца при температуре окружающей среды

Из-за различий в фактических размерах материала и предела текучести, испытательный образец будет иметь эксплуатационные характеристики тела трубы, которые отличаются от номинальных значений VME, рассчитанных в ДА.Д.2.2 для кривой

1^а. В результате, кривая фактического VME испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 4^а) будет представлять собой график по ISO 10400, раздел 6, из переменных p_i и p_o по сравнению с F_a на основе фактических размеров испытательных образцов тела трубы и предела текучести материала. Для любой заданной нагрузки F_a уравнение (12) ISO 10400 должно использоваться для расчета внутреннего давления p_i так, чтобы эквивалентное напряжение σ_e было равно AMYS без применения наружного давления. Для любой заданной нагрузки F_a уравнение (12) ISO 10400 должно использоваться для расчета наружного давления p_o таким, чтобы эквивалентное напряжение σ_e было равно AMYS^а без внутреннего давления. Описание для вводных параметров трубы, используемых в уравнениях ISO 10400, раздел 6, являются единственно возможными для настоящего стандарта. В таблице ДА.Д.8 описаны вводные параметры, которые должны использоваться при расчете кривой фактического VME испытательного образца тела трубы (кривая 4^а). Рисунок ДА.Д.7 отображает итоговый график кривой фактического VME испытательного образца тела трубы.

Т а б л и ц а ДА.Д.8 – Вводные параметры трубы и описание параметров трубы для кривой фактического VME

ISO 10400, раздел 6 (кривая 1 ^а)		Настоящий стандарт (кривая 4 ^а)	
Вводные параметры трубы	Описание параметров трубы	Вводные параметры трубы для испытательного образца	Описание параметров трубы для испытательного образца
$\sigma_e = f_{ymn} = 110000 \text{ psi}$	SMYS	$\sigma_e = \text{AMYS}^a = 125000 \text{ psi}$	AMYS ^а при температуре окружающей среды
$D = 9,625 \text{ дюймов}$	Номинальный наружный диаметр	$D = D_{avg} = 9,697 \text{ дюймов}$	Максимальное из средних измеренных значений наружного диаметра
$t = 0,545$	Номинальная толщина стенки	$t = t_{avg} = 0,540 \text{ дюймов}$	Минимальное из средних измеренных значений толщины стенки
$t_{min} = 0,875 \times t = 0,477 \text{ дюйма}$	Минимальная толщина стенки	$t_{min} = 0,507 \text{ дюймов}$	Измеренная минимальная толщина стенки
$d_{wall} = D - 2t_{min} = 8,671 \text{ дюймов}$	Максимальный внутренний диаметр	$d_{wall} = D_{avg} - 2t_{min} = 8,683 \text{ дюймов}$	Максимальный внутренний диаметр
$d = D - 2t = 8,535 \text{ дюймов}$	Номинальный внутренний диаметр	$d = d_{avg} = D_{avg} - 2t_{avg} = 8,617 \text{ дюймов}$	Максимальное из средних значений внутреннего диаметра
$A_p = \pi/4 (D^2 - d^2) = 15,5465 \text{ дюймов}^2$	Площадь поперечного сечения	$A_p = \pi/4 (D_{avg}^2 - d_{avg}^2) = 15,5345 \text{ дюймов}^2$	Площадь поперечного сечения



П р и м е ч а н и е – Кривая номинального смятия по API тела трубы показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.7 – Кривые фактического VME испытательного образца тела трубы и номинального VME при температуре окружающей среды

ДА.Д.3.6 Кривая 5^а: Кривая фактического смятия по API испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды

Хотя уравнения смятия ISO 10400, раздел 8, не были разработаны на основе фактических размеров труб или предела текучести материала, кривая фактического смятия по API является подходящей для целей оценки испытаний.

Кривая фактического смятия по API испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 5^а) должна представлять собой график ISO 10400, раздел 8, переменная p_o по сравнению с F_a на основе фактических размеров испытательного образца тела трубы и предела текучести материала. Для любой заданной осевой нагрузки F_a давление смятия испытательного образца тела трубы p_o высчитывается при помощи преобразования уравнений для смятия труб ISO 10400, раздела 8. Описание для вводных параметров труб, используемых в разделе 8 ISO 10400, являются единственно возможными для настоящего стандарта. В таблице ДА.Д.9 описаны вводные параметры, используемые при расчете кривой фактического смятия по API испытательного образца тела трубы (кривая 5^а).

ISO 10400, раздел 8 (кривая 2 ^а)		Настоящий стандарт (кривая 5 ^а)	
Вводные параметры трубы	Описание параметра трубы	Вводные параметры трубы для испытательного образца	Описание параметра трубы для испытательного образца
$f_{ymn} = 110000 \text{ psi}$	SMYS	$f_{ymn} = AMYS^a = 125000 \text{ psi}$	AMYS ^a при температуре окружающей среды
$D = 9,625 \text{ дюймов}$	Номинальный наружный диаметр	$D = D_{avg} = 9,697 \text{ дюймов}$	Максимальное из средних измеренных значений наружного диаметра
$t = 0,545 \text{ дюйма}$	Номинальная толщина стенки	$t = t_{avg} = 0,540 \text{ дюйма}$	Минимальное из измеренных средних значений толщины стенки
$d = D - 2t = 8,535 \text{ дюймов}$	Номинальный внутренний диаметр	$d = d_{avg} = D_{avg} - 2t_{avg} = 8,617 \text{ дюймов}$	Максимальное из средних значений внутреннего диаметра
$A_p = \pi/4 (D^2 - d^2) = 15,5465 \text{ дюймов}^2$	Площадь поперечного сечения	$A_p = \pi/4 (D_{avg}^2 - d_{avg}^2) = 15,5345 \text{ дюймов}^2$	Площадь поперечного сечения
$\sigma_a = F_a/A_p$	Осевое напряжение	$\sigma_a = F_a/A_p$	Осевое напряжение

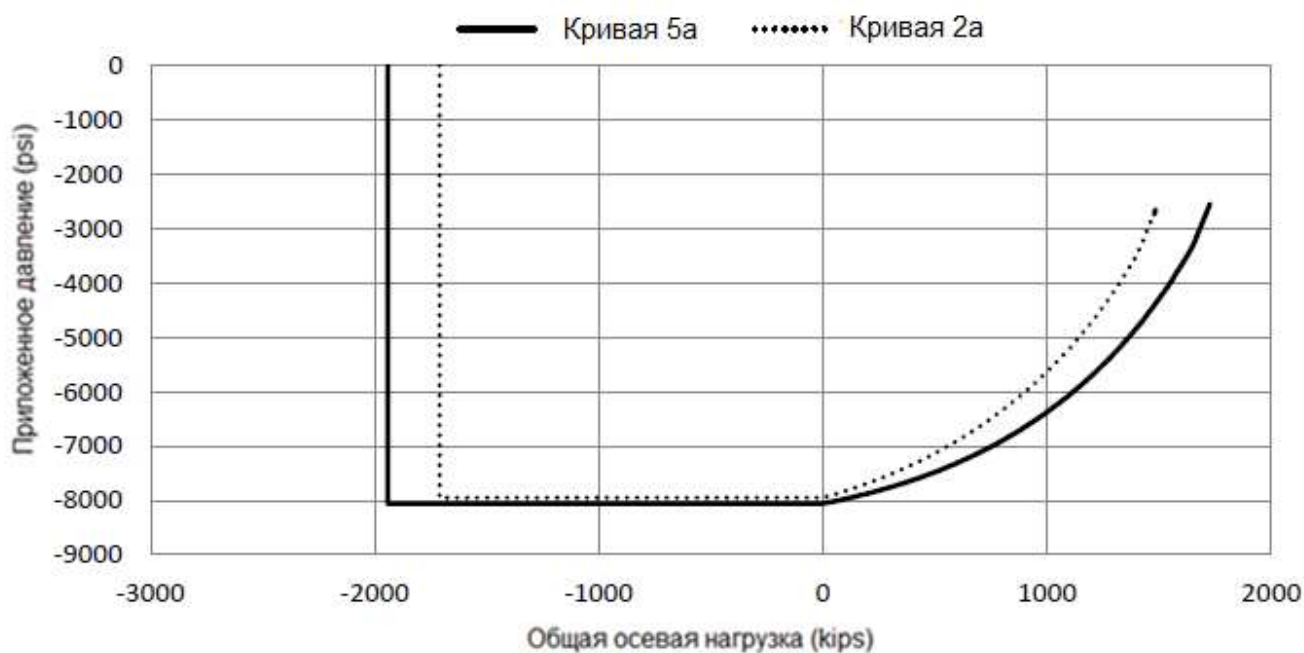


Рисунок ДА.Д.8 – Кривые фактического смятия по API и номинального смятия по API испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды

Кривая номинального смятия по API тела трубы показана для сравнения. ISO 10400, раздел 8, не дает указаний по расчету величины смятия тела трубы на основе фактических размеров испытательных образцов и предела текучести материала. В зависимости от фактических размеров испытательного образца тела трубы и предела текучести материала давление фактического смятия по API p_o может быть меньше относительной величины номинального смятия по API тела трубы p_c .

ДА.Д.4 Эталонные границы испытательного образца тела трубы при повышенной температуре

ДА.Д.4.1 Общие положения

Как показано на рисунке ДА.2, эталонные границы тела трубы при повышенной температуре должны вычисляться при помощи двусного масштабирования эталонных границ тела трубы при температуре окружающей среды, рассчитанных в ДА.Д.3 с использованием коэффициента масштабирования K_{temp} . Таблица ДА.Д.10 резюмирует номинальные и измеренные размеры труб, SMYS, фактические результаты испытаний на предел текучести и относительные величины кривой собственного высокого смятия.

Т а б л и ц а ДА.Д.10 – Параметры тела трубы, используемые для вычисления эталонных границ при повышенной температуре

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	AAYS ^a	AAYS ^e	K_{hc}	Макс. температура
<u>9.625</u> дюймов	<u>0.545</u> дюйма	110.000 psi	<u>9.697</u> дюймов	<u>0.507</u> дюйма	<u>0.540</u> дюйма	<u>125000</u> psi	<u>125000</u> psi	<u>110800</u> psi	<u>9140</u> psi	<u>383</u> °F

Для расчета коэффициента масштабирования при повышенной температуре K_{temp} см. таблицу ДА.Д.11. Поскольку нет указаний по определению SMYS при повышенной температуре, коэффициент масштабирования повышенной температуры как функция от AAYS^e и AAYS^a должен использоваться для масштабирования как номинальных, так и фактических эталонных границ при повышенной температуре. Поскольку используется AAYS, номинальные эталонные границы должны быть рассчитаны для каждого испытательного образца, если используются образцы от разных исходных заготовок.

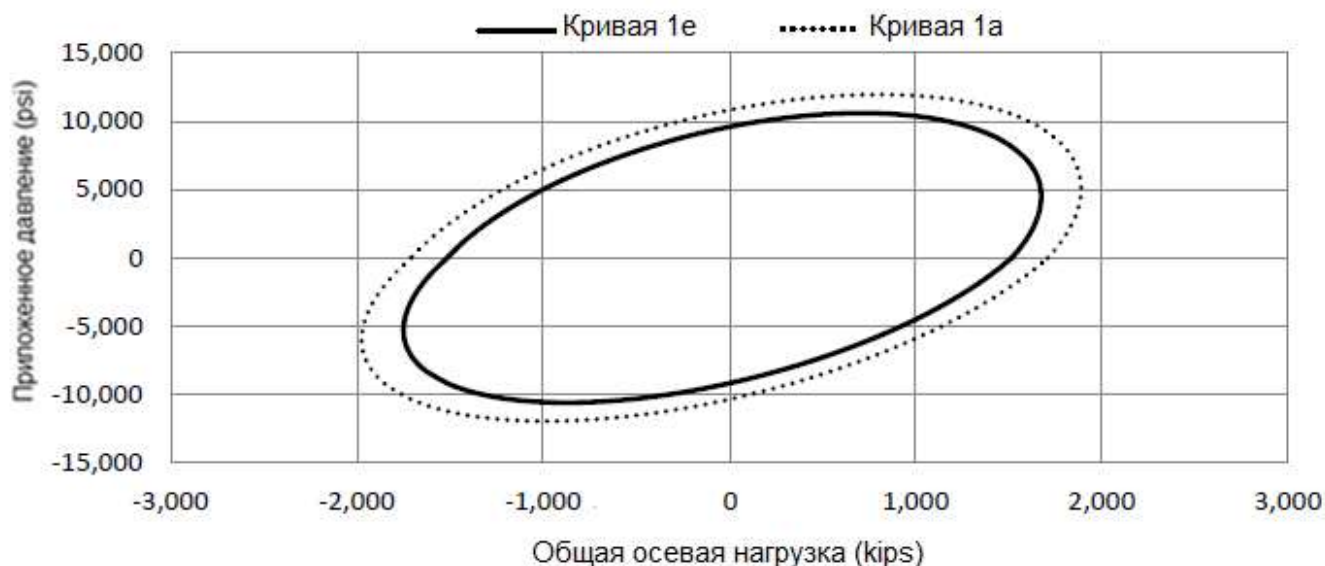
Т а б л и ц а ДА.Д.11 – Вычисление коэффициента масштабирования для эталонных границ при повышенной температуре

Настоящий стандарт, раздел ДА.Д.2.3	
Вводные параметры трубы для испытательного образца	Описание параметров трубы для испытательного образца
AAYS ^a = 125000 psi	AAYS ^a испытательного образца исходной заготовки при температуре окружающей среды
AAYS ^e = 110800 psi	AAYS ^e испытательного образца исходной заготовки при повышенной температуре
$K_{383^\circ} = AAYS^e / AAYS^a = 0,8864$	Коэффициент масштабирования при повышенной температуре

ДА.Д.4.2 Кривая 1^e: Кривая номинального VME испытательного образца тела трубы при повышенной температуре

Кривая номинального VME испытательного образца тела трубы при повышенной температуре (кривая 1^e) должна быть двусно масштабирована с направлением внутрь от кривой номинального VME тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 1^a)

с использованием K_{383} как коэффициента масштабирования. Для любой заданной нагрузки F_a следует умножить F_a и p_i или p_o на коэффициент масштабирования. Таблица ДА.Д.11 описывает параметры, необходимые для вычисления коэффициента масштабирования. Кривые 1^е и 1^а изображены на рисунке ДА.Д.9.

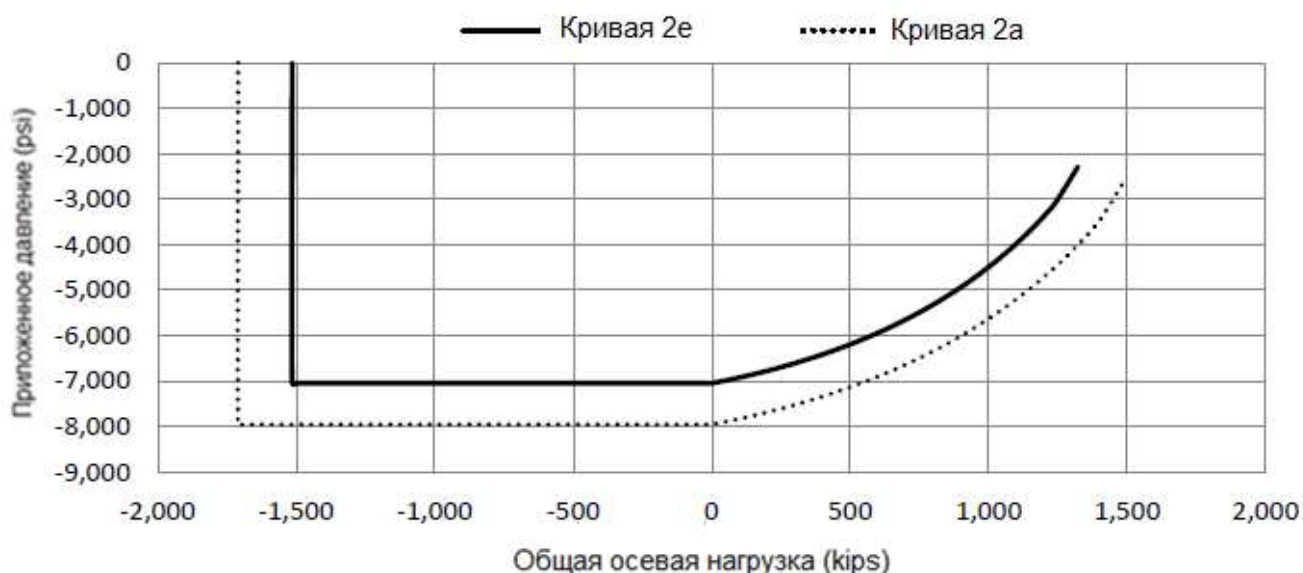


П р и м е ч а н и е – Кривая 1^а показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.9 – Кривые номинального VME испытательных образцов тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

ДА.Д.4.3 Кривая 2^е: Кривая номинального смятия по API испытательного образца тела трубы при повышенной температуре

Поскольку в ISO 10400 не содержится указаний по определению свойств смятия при повышенной температуре, кривая номинального смятия по API испытательного образца тела трубы при повышенной температуре (кривая 2^е) должна быть двусоно масштабирована с направлением внутрь от кривой номинального смятия по API тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 2^а) с использованием коэффициента масштабирования K_{383} . Для любой заданной нагрузки F_a следует умножить F_a и p_o на коэффициент масштабирования. Таблица ДА.Д.11 описывает параметры, необходимые для вычисления коэффициента масштабирования. Кривые 2^е и 2^а изображены на рисунке ДА.Д.10.

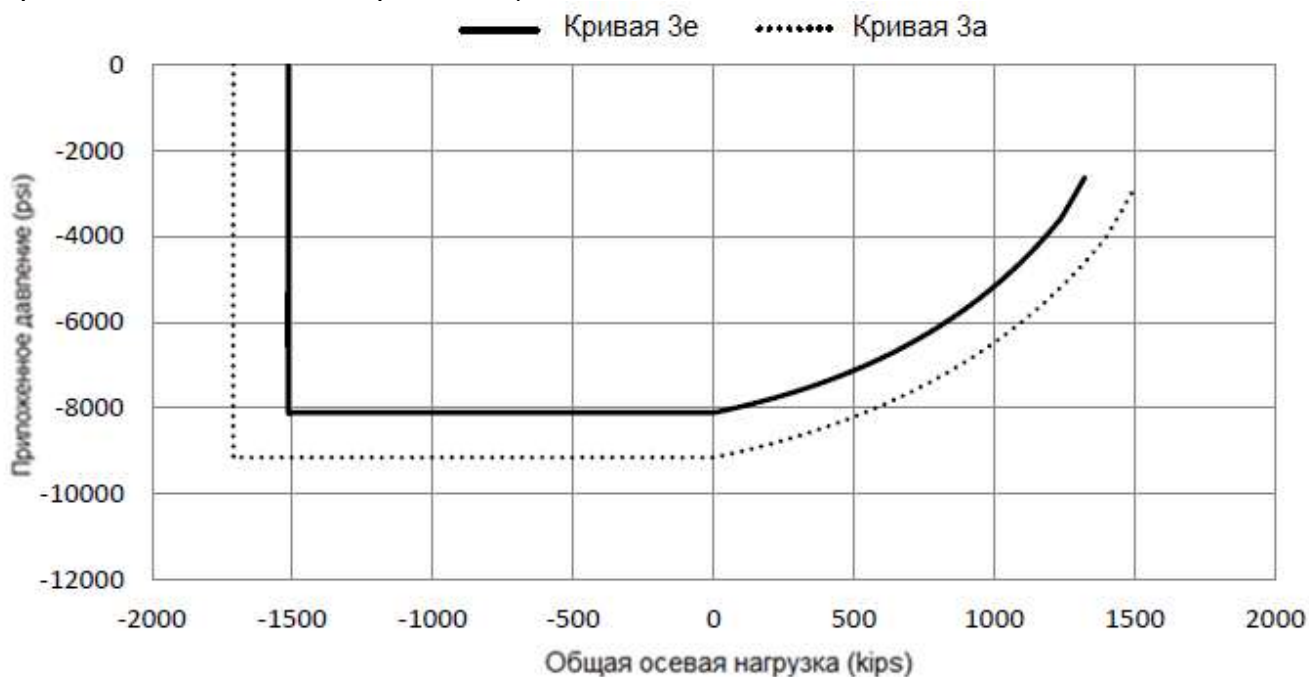


Примечание – Кривая 2^a показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.10 – Кривые номинального смятия по API испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

ДА.Д.4.4 Кривая 3^e: Кривая собственного высокого смятия испытательного образца при повышенной температуре

Для труб с высоким номинальным давлением смятия изготовители обычно указывают только высокое номинальное давление смятия при нулевой осевой нагрузке и температуре окружающей среды. Однако для целей испытаний настоящего стандарта относительные величины высокого номинального давления смятия при температуре окружающей среды при нулевой осевой нагрузке должны быть экстраполированы для обеспечения инструкций по проведению испытаний с осевыми нагрузками при повышенной температуре. В результате, кривая собственного высокого смятия испытательного образца тела трубы при повышенной температуре (кривая 3^e) должна быть двусоно масштабирована с направлением внутрь от кривой собственного высокого смятия при температуре окружающей среды (кривая 3^a) с использованием коэффициента масштабирования K_{383° . Для любой заданной нагрузки F_a следует умножить F_a и p_o на коэффициент масштабирования. Таблица ДА.Д.11 описывает параметры, необходимые для вычисления коэффициента масштабирования. Кривые 3^e и 3^a изображены на рисунке ДА.Д.11. Альтернативные методы масштабирования могут быть использованы в вычислениях эталонных границ тела трубы при повышенной температуре, при условии, что они описаны в ISO 10400 или их экспериментальное подтверждение может быть продемонстрировано и подробно включено в план испытаний.

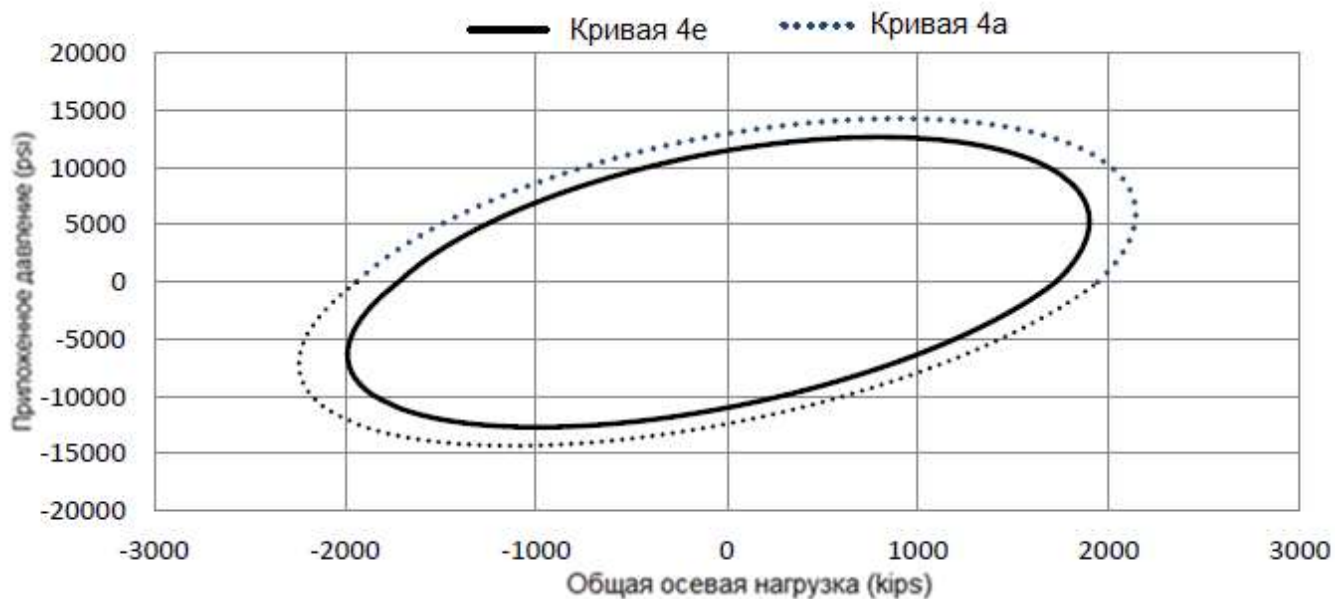


Примечание – Кривая 1^а показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.11 – Кривые собственного высокого смятия испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

ДА.Д.4.5 Кривая 4^е: Кривая фактического VME испытательного образца тела трубы при повышенной температуре

Кривая фактического VME испытательного образца тела трубы при повышенной температуре (кривая 4^е) должна быть двучленно масштабирована с направлением внутрь от кривой фактического VME испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 4^а) с использованием коэффициента масштабирования K_{383} . Для любой заданной нагрузки F_a следует умножить F_a и r_i или r_o на коэффициент масштабирования. Таблица ДА.Д.11 описывает параметры, необходимые для вычисления коэффициента масштабирования. Кривые 4^е и 4^а изображены на рисунке ДА.Д.12.

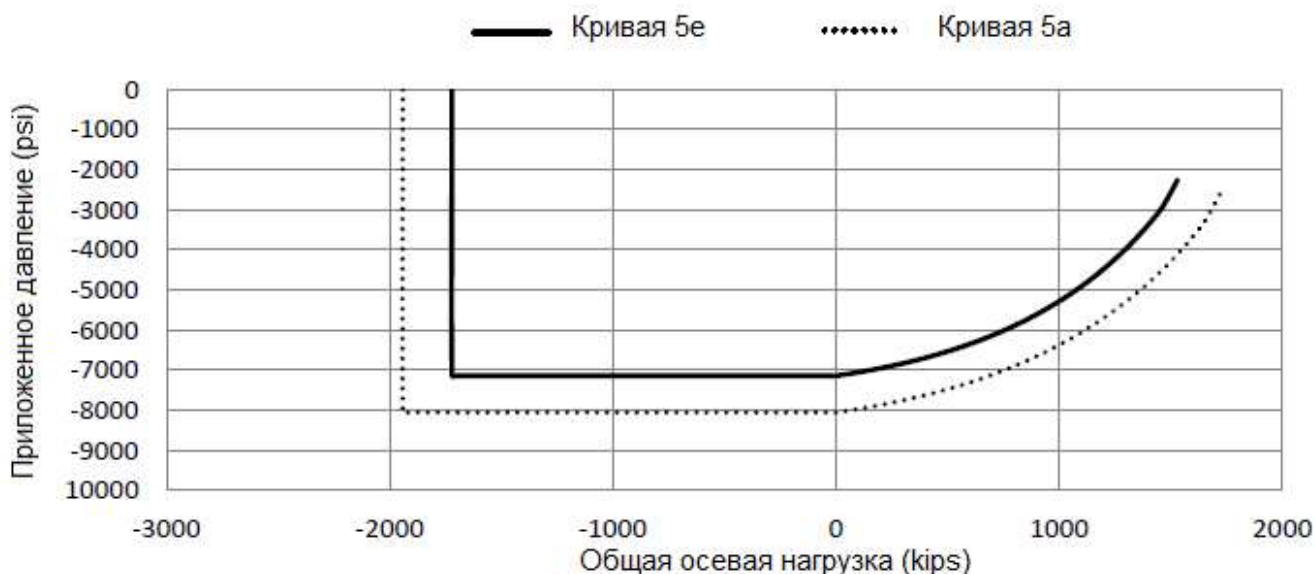


Примечание – Кривая 1^а показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.12 – Кривые фактического VME испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

ДА.Д.4.6 Кривая 5^е: Кривая фактического смятия по API испытательного образца тела трубы при повышенной температуре

Поскольку в ISO 10400 не содержится указаний по определению свойств смятия при повышенной температуре, кривая фактического смятия по API испытательного образца тела трубы при повышенной температуре (кривая 5^е) должна быть двусоно масштабирована с направлением внутрь от кривой фактического смятия по API тела трубы при температуре окружающей среды (кривая 5^а) с использованием коэффициента масштабирования K_{383° . Для любой заданной нагрузки F_a следует умножить F_a и p_o на коэффициент масштабирования. Таблица ДА.Д.11 описывает параметры, необходимые для вычисления коэффициента масштабирования. Кривые 5^е и 5^а изображены на рисунке ДА.Д.13.



Примечание – Кривая 5^а показана для сравнения.

Рисунок ДА.Д.13 – Кривые фактического смятия по API испытательного образца тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

ДА.Д.5 Определение точек СЕЕ и точек приложения нагрузки TLE без изгиба

ДА.Д.5.1 Общие положения

Как указано в ДА.4.2, целью настоящего стандарта является испытание каждого образца на такую высокую нагрузку или комбинацию нагрузок, насколько это безопасно. Некоторые эксплуатационные характеристики резьбовых соединений могут не зависеть от фактических размеров тела трубы или предела текучести материала. Предполагается, что методы, используемые для определения характеристик резьбовых соединений для указанного испытательного образца, защищены патентными правами. Изготовитель несет ответственность за определение точек СЕЕ на основе конструкции резьбового соединения, фактических размеров испытательного образца резьбового соединения и тела трубы, а также фактических пределов текучести материала испытательного образца тела трубы и резьбового соединения при температуре окружающей среды и при повышенной температуре. После того, как СЕЕ были установлены изготовителем, точки СЕЕ могут быть определены с использованием таблицы ДА.8. Из точек СЕЕ определяются точки приложения нагрузки TLE для каждого испытательного образца на основе двусного масштабирования на 80 %, 90 %, 95 % или 100 % СЕЕ (в зависимости от того, что применимо), как установлено в таблице ДА.8. Существуют 32 точки СЕЕ, которые определяют точки приложения нагрузки TLE при температуре окружающей среды, тогда как при повышенной температуре только 15 точек СЕЕ определяют точки приложения нагрузки TLE. Единичные точки приложения нагрузки TLE устанавливаются

TLE.

В соответствии с требованиями ДА.7.3.5.3 и таблицы ДА.13, точки приложения нагрузки TLE 28a90, 29a90, 30a90 и 31a90 были созданы для определения траектории нагружения при температуре окружающей среды механических циклов в TS-C (см. рисунок ДА.34). Для данных точек приложения нагрузки TLE не используют точки СЕЕ, они зависят от точки приложения нагрузки TLE 14a90.

СЕЕ может быть ограничен эксплуатационными свойствами тела трубы или резьбового соединения. Если СЕЕ меньше эталонных границ тела трубы, то двусные коэффициенты масштабирования зависят от того, основано ли ограничение СЕЕ на пределе текучести материала или на каком-либо другом факторе. Если ограничение СЕЕ основано на пределе текучести материала, TLE должен быть масштабирован до 80 %, 90 % или 95 % СЕЕ (в зависимости от того, что применимо). Если ограничение СЕЕ обусловлено другим фактором, то TLE должен быть 100 % от СЕЕ. Некоторые примеры резьбовых соединений с ограничениями СЕЕ, требующими коэффициентов масштабирования 100 %, включают резьбовые соединения, ограниченные API MYP (минимальное внутреннее давление текучести, определенное в соответствии с ISO 10400), и резьбовые соединения, ограниченные t_0 до номинального давления смятия по API. Коэффициент масштабирования 80 % применяется как к СЕЕ, ограниченному пределом текучести материала, так и к СЕЕ, ограниченному каким-либо другим фактором.

Эталонные границы тела трубы при температуре окружающей среды и при повышенной температуре, приведенные в ДА.D.3 и ДА.D.4 соответственно, используются для оценки и интерпретации результатов испытаний.

Как показано на рисунке ДА.2, изготовитель должен определить СЕЕ при температуре окружающей среды и при повышенной температуре для каждого испытательного образца. TLE при температуре окружающей среды и при повышенной температуре определяют на основе соответствующего СЕЕ, как показано на рисунке ДА.3. Таблица ДА.D.12 суммирует номинальные и измеренные размеры трубы, установленный и фактический минимальные пределы текучести материала, высокое номинальное давление смятия и коэффициент масштабирования K_{383} , используемые при вычислении СЕЕ и TLE для данного примера.

Т а б л и ц а ДА.D.12 – Параметры, используемые для расчета эталонных кривых

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	K_{hc}	K_{383°	Макс. температура
<u>9,625</u> дюймов	<u>0,545</u> дюйма	<u>110000</u> psi	<u>9,697</u> дюймов	<u>0,507</u> дюйма	<u>0,540</u> дюйма	<u>125000</u> psi	<u>9140</u> psi	<u>0,8864</u>	<u>383</u> °F

ДА.D.5.2 СЕЕ при температуре окружающей среды и при повышенной температуре

В настоящем примере СЕЕ совпадает с кривой фактического VME испытательного образца тела трубы под нагрузкой внутреннего давления, как при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре. Под нагрузкой наружного давления СЕЕ равен меньшему из кривой фактического VME испытательного образца тела трубы и наибольшему из кривой собственного высокого смятия и кривой фактического смятия по API испытательного образца как при температуре окружающей среды, так и при повышенной температуре.

В связи с этим, для настоящего примера $СЕЕ^a t = F_t$.

Из таблицы ДА.D.8:

$$СЕЕ^a t = A_p \times AMYS^a = 15,5345 \times 125000/1000 = 1942 \text{ kips}$$

$$СЕЕ^a c = - СЕЕ^a t = - 1942 \text{ kips}$$

Для F_a , $СЕЕ^a p_i =$ Кривая 4^a p_i

Для F^a , $СЕЕ^a p_o =$ Мин. [90 % или 95 % от кривой 4^a, макс. (100 % от кривой 3 , 90 % или 95 % от кривой 5^a)] p_o .

$СЕЕ^a$ зависит от трех эталонных кривых испытательных образцов тела трубы. Для наружного давления, контрольная осевая кривая является функцией осевой нагрузки. Получаемые в результате СЕЕ для температуры окружающей среды отображены на рисунке ДА.D.14 вместе с тремя соответствующими эталонными кривыми испытательных образцов тела трубы (кривые 3^a, 4^a и 5^a).

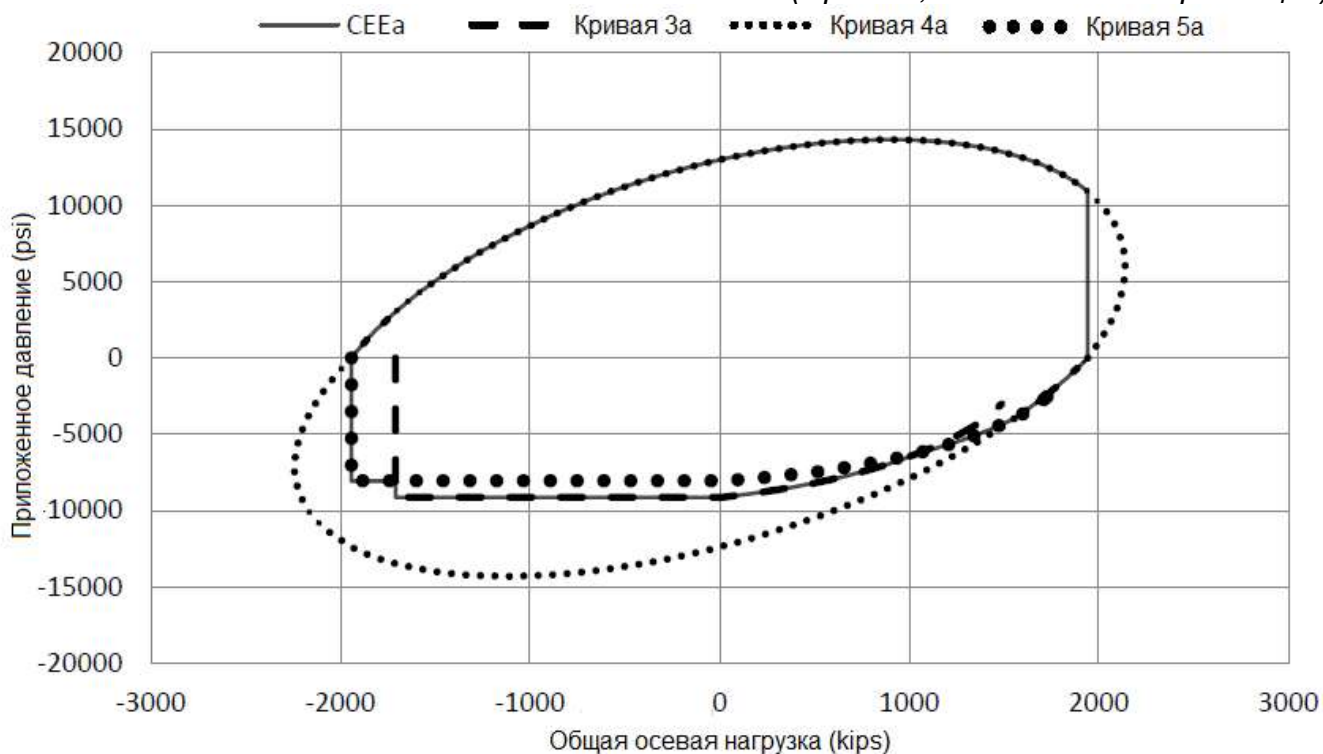


Рисунок ДА.Д.14 – Испытательный образец СЕЕ^а при температуре окружающей среды

Из таблицы ДА.Д.11:

$$СЕЕ^e t = СЕЕ^a t * K_{temp} = 1942 \times 0,8864 = 1721 \text{ kips}$$

$$СЕЕ^e c = - СЕЕ^e t = - 1721 \text{ kips}$$

Для F_a , СЕЕ^е p_i = Кривая 4^е p_i

Для F_a , СЕЕ^е p_o = Мин. [90 % от кривой 4^е, макс. (100 % от кривой 3^е, 90 % от кривой 5^е)] p_o .

СЕЕ^е зависит от трех эталонных кривых испытательных образцов тела трубы. Для наружного давления, контрольная осевая кривая является функцией осевой нагрузки. Получаемые в результате СЕЕ для повышенной температуры отображены на рисунке ДА.Д.15 вместе с тремя соответствующими эталонными кривыми испытательных образцов тела трубы (кривые 3^е, 4^е и 5^е).

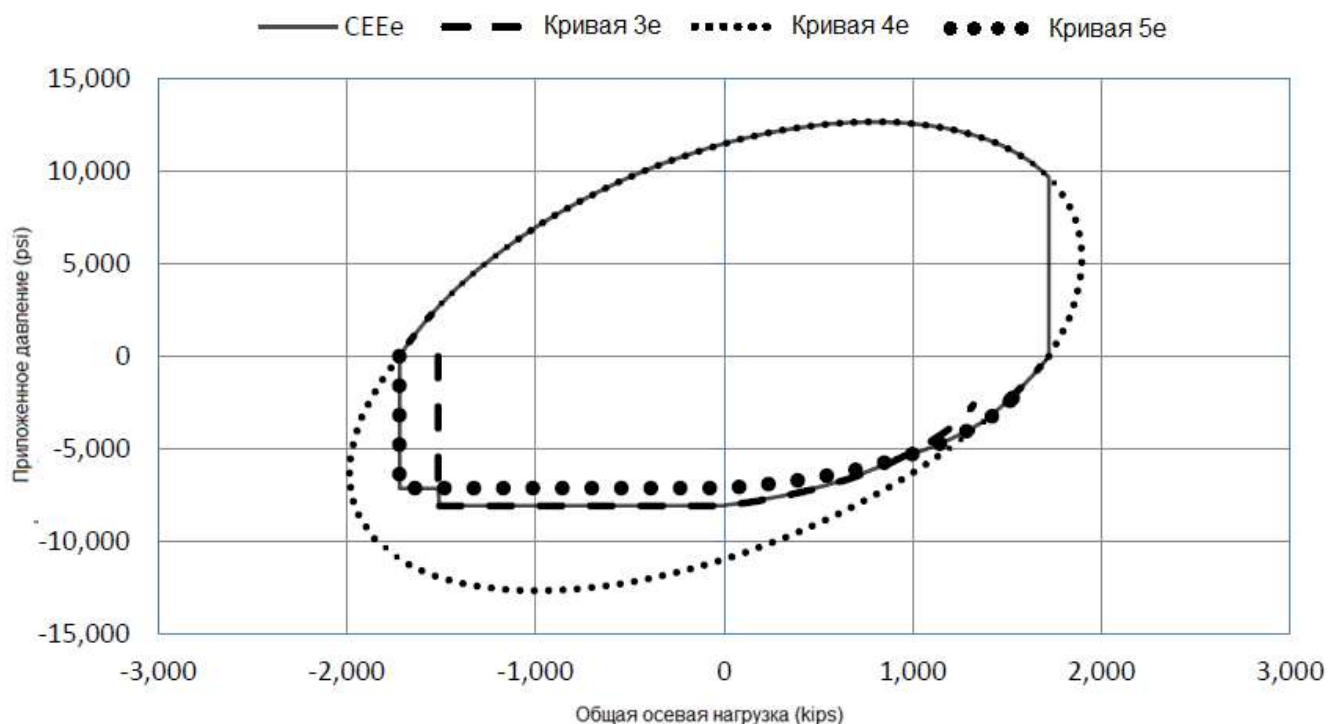


Рисунок ДА.Д.15 – Испытательный образец СЕЕ^е при повышенной температуре

ДА.Д.5.3 Точки СЕЕ^а и 80 % точки приложения нагрузки TLE^а при температуре окружающей среды

В таблице ДА.8 приведены рассчитанные точки приложения нагрузки 1а80 – 9а80 для расчета СЕЕ^а F_a и p_i и TLE^а F_a и p_i .

Для СЕЕ^а LP 1а80 – LP 9а80, LP 1а80, LP 4а80, LP 5а80, LP 6а80, LP 7а80 и LP 9а80 лежат на СЕЕ^а. LP 2а80 и LP 3а80 являются функцией LP 4а80, и LP 8а80 является функцией LP 7а80.

Для TLE^а LP 1а80 – LP 9а80, LP 4а80 – LP 7а80 двусоно масштабируется до точек СЕЕ^а, указанных в таблице ДА.8 на основе указанного 80 % двусоного коэффициента масштабирования. LP 2а80, LP 3а80 и LP 8а80 основаны на других точках приложения нагрузки TLE^а и не требуют двусоного масштабирования. LP 1а80 требует конкретный коэффициент масштабирования 0,67, чтобы TLE F_a являлась постоянной для LP 1а80 – LP 4а80. Точно так же LP 9а80 требует конкретный коэффициент масштабирования 0,50, чтобы TLE F_a являлась постоянной для LP 7а80 – LP 9а80.

Пример расчета для LP 4а80:

$$LP\ 4a80\ CEE^a\ F_a = 0,67/0,80 \times CEE^a\ t = 0,67/0,80 \times 1942 = 1626\ kips$$

$$LP\ 4a80\ CEE^a\ p_i = 100\ \% \ CEE\ p_i\ \text{или}\ CEE^a\ F_a = 13003\ psi$$

$$LP\ 4a80\ TLE^a\ F_a = 0,80 \times LP\ 4a80\ CEE^a\ F_a = 0,80 \times 1626 = 1301\ kips$$

$$LP\ 4a80\ TLE^a\ p_i = 0,80 \times LP\ 4a80\ CEE^a\ p_i = 0,80 \times 13,003 = 10402\ psi.$$

Пример расчета для LP 3а80:

LP 3a80 CEE^a F_a = не применяется

LP 3a80 CEE^a p_i = не применяется

LP 3a80 TLE^a F_a = $0,80 \times$ LP 4a80 CEE^a F_a = $0,80 \times 1626 = 1301$ kips

LP 3a80 TLE^a p_i = $0,50 \times 0,80 \times$ LP 4a80 CEE^a p_i = $0,50 \times 0,80 \times 13003 = 5201$ psi.

Пример расчета для LP 7a80:

LP 7a80 CEE^a F_a = $0,50/0,80 \times$ CEE^a c = $0,50/0,80 \times -1942 = -1214$ kips

LP 7a80 CEE^a p_i = 100 % CEE p_i или LP 7a80 CEE^a F_a = 7283 psi

LP 7a80 TLE^a F_a = $0,80 \times$ LP 7a80 CEE^a F_a = $0,80 \times -1214 = -971$ kips

LP 7a80 TLE^a p_i = $0,80 \times$ LP 7a80 CEE^a p_i = $0,80 \times 7283 = 5826$ psi.

Пример расчета для LP 8a80:

LP 8a80 CEE^a F_a = не применяется

LP 8a80 CEE^a p_i = не применяется

LP 8a80 TLE^a F_a = $0,80 \times$ LP 7a80 CEE^a F_a = $0,80 \times -1215 = -971$ kips

LP 8a80 TLE^a p_i = $0,50 \times 0,80 \times$ LP 7a80 CEE^a p_i = $0,50 \times 0,80 \times 7283 = 2913$ psi.

На основании CEE^a, определенных изготовителем, в таблице ДА.Д.13 приведены результирующие точки CEE^a и 80 % TLE^a точек приложения нагрузки при температуре окружающей среды. Рисунок ДА.Д.16 отображает график CEE^a и точки CEE^a и TLE^a и точки приложения нагрузки TLE^a. Следует обратить внимание на векторы, проходящие через точки CEE^a и точки приложения нагрузки TLE^a вследствие двусного масштабирования.

Т а б л и ц а ДА.Д.13 — 80 % точки CEE^a и точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
1a80	1942	0	1301	0
2a80	не применяется	не применяется	1301	2601
3a80	не применяется	не применяется	1301	5201
4a80	1626	13003	1301	10402
5a80	834	14296	667	11437
6a80	0	12981	0	10385
7a80	- 1214	7283	971	5826
8a80	не применяется	не применяется	- 971	2913
9a80	- 1942	0	- 971	0

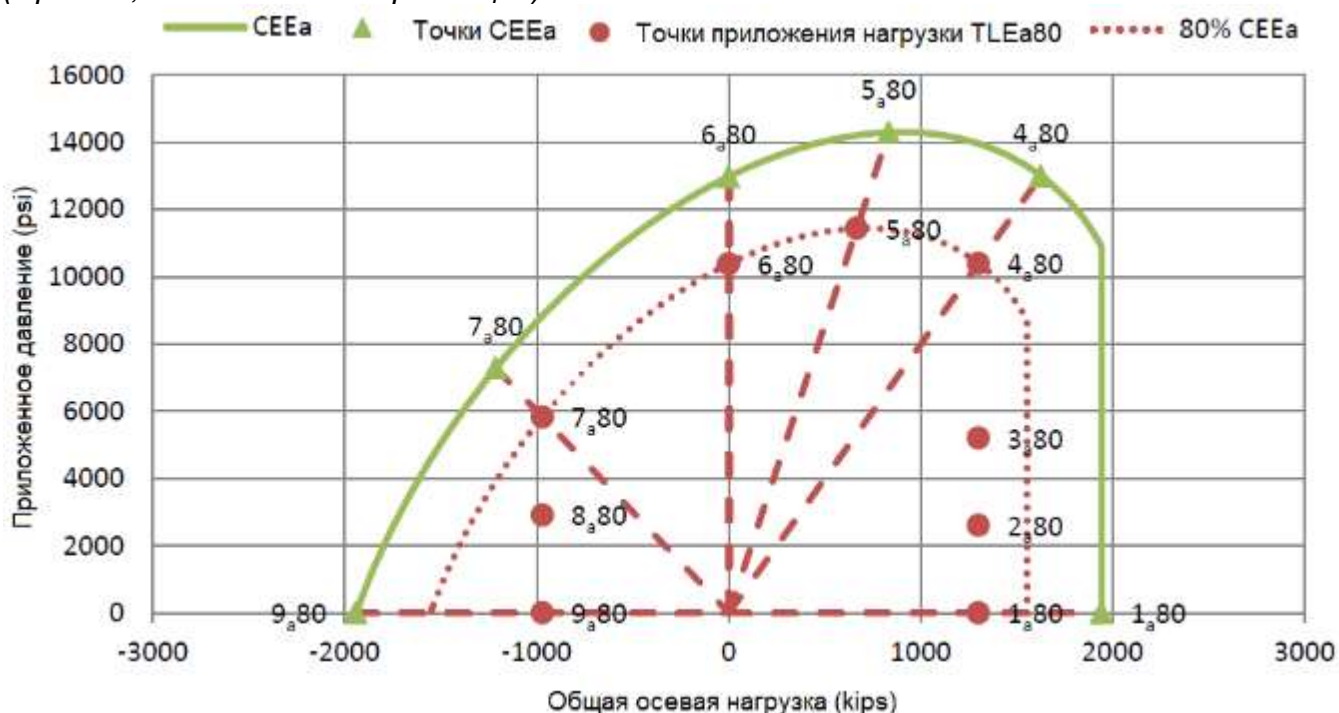


Рисунок ДА.Д.16 – Точки CEE^a и 80 % точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды

ДА.Д.5.4 Точки CEE^a и 95 % точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды

В таблице ДА.8 приведены рассчитанные точки приложения нагрузки 10a95 – 27a95 для расчета CEE^a F_a и p_t или p_o и TLE^a F_a и p_t или p_o .

Для CEE^a LP 10a95 – LP 27a95, LP 10a95 и LP 13a95 – LP 27a95 лежат на CEE^a. LP 11a95 и LP 12a95 являются функцией LP 13a95.

Для TLE^a LP 10a95 – LP 21a95, LP 13a95 – LP 20a95 двусоно масштабируется до точек CEE^a, указанных в таблице ДА.8, на основе указанного 95 % двусоного коэффициента масштабирования. LP 11 a95 и LP 12a95 являются функцией LP 13a95 и не требует двусоного масштабирования. Точка приложения нагрузки 10a95 требует конкретный коэффициент масштабирования 0,90, чтобы TLE F_a являлась постоянной для точек приложения нагрузки 10a95 – 13a95. Точно так же точка приложения нагрузки 21a95 требует конкретный коэффициент масштабирования 0,90, чтобы TLE F_a являлась постоянной для точек приложения нагрузки 20a95 и 21a95.

TLE^a точек приложения нагрузки 22a95 – 27a95 двусоно масштабируются до точек CEE^a, указанных в таблице ДА.8; тем не менее, коэффициент масштабирования зависит от контрольной эталонной кривой. Кривая 3^a требует 100 % коэффициент масштабирования, поскольку кривая собственного высокого смятия не зависит от фактических размеров испытательного образца или предела текучести материала.

Кривые 4^а и 5^а требуют 95 % двусный коэффициент масштабирования, поскольку обе кривые основаны на фактических размерах испытательного образца и пределе текучести материала. Точки приложения нагрузки 23а95 – 25а95 основаны на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^а) в связи с этим применяется 100 % коэффициент масштабирования (без масштабирования). TLE LP 22а95 и LP 26а95 требуют специального рассмотрения в данном примере, и результирующие нагрузки испытания для каждой кривой должны быть сопоставлены, чтобы гарантировать, что испытательный образец испытывается при максимально высокой нагрузке или при комбинации практически безопасных нагрузок. Для LP 27а95 наружное давление основано на кривой фактического VME (кривая 4^а); поэтому применяется 95 % коэффициента масштабирования.

CEE^а и TLE^а для LP 22а95 могут быть основаны или на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^а), или кривой фактического смятия по API (кривая 5^а). Как показано в таблице ДА.Д.14, кривая 5^а приводит при испытаниях к более высокой нагрузке на смятие, но более низкой нагрузке при испытании наружным давлением, чем кривая 3^а. Поскольку испытательный образец специально испытывается на трубах с высоким номинальным давлением смятия, для LP 22а95 была выбрана кривая 3^а, и применяется 100 % коэффициента масштабирования.

Т а б л и ц а ДА.Д.14 – Потенциальная LP 22а95 точек приложения нагрузки TLE^а, на основе кривых 3^а, 4^а и 5^а

Потенциальные CEE ^а	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3 ^а	- 1710	- 9140	- 1710	- 9140	A = 100 %
Кривая 4 ^а	- 1840	- 12950	- 1748	- 12303	A = 95 %
Кривая 5 ^а	- 1840	- 8057	- 1748	- 7654	A = 95 %

Несмотря на то, что CEE^а для LP 26а95 определяется кривой фактического смятия по API (кривая 5^а), самое высокое сочетание нагрузок TLE^а является безопасно практичным, основывается на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^а). Как показано в таблице ДА.Д.15, кривая 3^а получена в результате более высокого испытательного давления, чем давление при кривой 5^а, в тоже время кривая 3^а получена в результате меньшего испытательного давления, чем при кривой 4^а. Поскольку CEE определяется как мин. [кривая 4^а, макс. (кривая 3^а, кривая 5^а)], LP 26а95 использует кривую собственного высокого смятия (кривая 3^а) и 100 % двусный коэффициент масштабирования.

Т а б л и ц а ДА.D.15 – Потенциальная LP 26a95 точек приложения нагрузки TLE^a, на основе кривых 3^a, 4^a и 5^a

Потенциальные CEE ^a	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3 ^a	1301	- 4755	1301	- 4755	A = 100 %
Кривая 4 ^a	1369	- 5440	1301	- 5168	A = 95 %
Кривая 5 ^a	1369	- 4973	1301	- 4724	A = 95 %

Пример расчета для LP 13a95:

$$LP\ 13a95\ CEE^a\ F_a = 0,90/0,95 \times CEE^a\ t = 0,90/0,95 \times 1942 = 1840\ kips$$

$$LP\ 13a95\ CEE^a\ p_i = 100\ \% \ CEE^a\ p_i \text{ или } LP\ 13a95\ CEE^a\ F_a = 11796\ psi$$

$$LP\ 13a95\ TLE^a\ F_a = 0,95 \times LP\ 13a95\ CEE^a\ t = 0,95 \times 1840 = 1748\ kips$$

$$LP\ 13a95\ TLE^a\ p_i = 0,95 \times LP\ 13a95\ CEE^a\ p_i = 0,95 \times 13003 = 11206\ psi$$

Пример расчета для LP 25a95 (для кривой 3^a, A = 1,00):

$$LP\ 25a95\ CEE^a\ F_a = 0,33/A \times CEE^a\ t = 0,33/1,00 \times 1942 = 641\ kips$$

$$LP\ 25a95\ CEE^a\ p_o = 100\ \% \ CEE^a\ p_o \text{ или } LP\ 25a95\ CEE^a\ F_a = - 7811\ psi$$

$$LP\ 25a95\ TLE^a\ F_a = A \times LP\ 25a95\ CEE^a\ F_a = 1,00 \times 641 = 641\ kips$$

$$LP\ 25a95\ TLE^a\ p_o = A \times LP\ 25a95\ CEE^a\ p_o = 1,00 \times - 7811 = - 7811\ psi$$

Пример расчета для LP 27a95 (для кривой 1^a, A = 0,95):

$$LP\ 27a95\ CEE^a\ F_a = 0,90/A \times CEE^a\ t = 0,90/0,95 \times 1942 = 1840\ kips$$

$$LP\ 27a95\ CEE^a\ p_o = 100\ \% \ CEE^a\ p_o \text{ или } LP\ 27a95\ CEE^a\ F_a = - 1214\ psi$$

$$LP\ 27a95\ TLE^a\ F_a = A \times LP\ 27a95\ CEE^a\ F_a = 0,95 \times 1840 = 1748\ kips$$

$$LP\ 27a95\ TLE^a\ p_o = A \times LP\ 27a95\ CEE^a\ p_o = 0,95 \times - 1214 = - 1154\ psi$$

На основании CEE^a, определенных изготовителем, в таблице ДА.D.16 приведены результирующие точки CEE^a и 95% точки приложения нагрузки TLE^a. Рисунок ДА.D.17 отображает график CEE^a и точки CEE^a и TLE^a и точки приложения нагрузки TLE^a. Векторы, проходящие через CEE^a и LP TLE^a, не включены в целях улучшения ясности.

Т а б л и ц а ДА.D.16 – 95 % точки СЕЕ^а и точки нагружения TLE^а при температуре окружающей среды

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (СЕЕ)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
10a95	1942	0	1748	0
11a95	не применяется	не применяется	1748	2802
12a95	не применяется	не применяется	1748	5603
13a95	1840	11796	1748	11206
14a95	1635	12964	1553	12316
15a95	834	14296	792	13581
16a95	0	12981	0	12332
17a95	- 511	11170	- 485	10612
18a95	- 1022	8534	- 971	8108
19a95	- 1533	4751	- 1456	4513
20a95	- 1840	1464	- 1748	1391
21a95	- 1942	0	- 1748	0
22a95	- 1710	- 9140	- 1710	- 9140
23a95	- 971	- 9140	- 971	- 9140
24a95	0	- 9140	0	- 9140
25a95	641	- 7811	641	- 7811
26a95	1301	- 4755	1301	- 4755
27a95	1840	- 1214	1748	- 1154

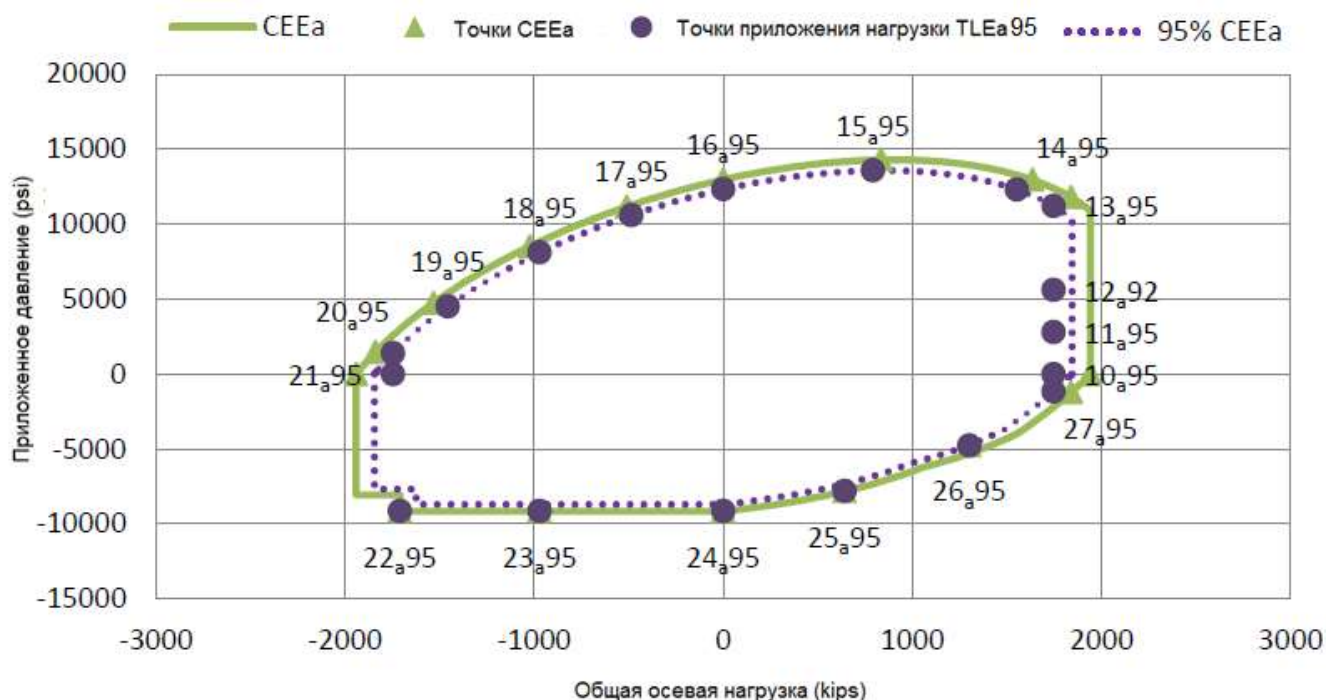


Рисунок ДА.D.17 – Точки СЕЕ^а и 95 % точки приложения нагрузки TLE^а при температуре окружающей среды

ДА.Д.5.5 Точки CEE^a и 90 % точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды

В таблице ДА.8 приведены рассчитанные точки приложения нагрузки 10a90 – 27a90 для расчета CEE^a F_a и p_i или p_o и TLE^a F_a и p_i или p_o .

Для CEE^a LP 10a90 – LP 27a90, LP 10a90 и LP 13a90 – LP 27a90 лежат на CEE^a. LP 11a90 и LP 12a90 являются функцией LP 13a90.

Примечание – LP 10a90 и LP 27a90 являются одной и той же точкой, и LP 20a90 и LP 21a90 являются одной и той же точкой.

Для TLE^a LP 10a90 – LP 21a90, LP 10a90 и LP 13a90 – LP 21a90 двусно масштабируются до точек CEE^a, указанных в таблице ДА.8 на основе указанного 90 % двусного коэффициента масштабирования. LP 11a90 и LP 12a90 основаны на TLE^a LP 13a90 и не требуют двусного масштабирования.

TLE^a LP 22a90 – LP 27a90 двусно масштабируются до точек CEE^a, указанных в таблице ДА.8; однако коэффициент масштабирования зависит от контрольной эталонной кривой. Кривая 3^a требует 100 % коэффициента масштабирования, поскольку кривая собственного высокого смятия не зависит от фактических размеров испытательного образца или предела текучести материала. Кривые 4^a и 5^a требуют 90 % двусный коэффициент масштабирования, поскольку обе кривые основаны на фактических размерах испытательного образца и предела текучести материала. LP 23a90 – LP 25a90 основаны на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^a); в связи с этим, применяется 100 % коэффициент масштабирования (без масштабирования). TLE LP 22a90 и 26a90 требует специального рассмотрения в данном примере, и результирующие нагрузки испытания для каждой кривой должны быть сопоставлены, чтобы гарантировать, что испытательный образец испытывается при максимально высокой нагрузке или при комбинации практически безопасных нагрузок. Для LP 27a90 наружное давление основано на кривой фактического VME (кривая 4^a), т.к. ни одна кривая смятия по API не определяется при данном уровне осевой нагрузки. В этой точке CEE^a $p_o = 0$.

CEE^a и TLE^a для LP 22a90 могут быть основаны или на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^a), или кривой фактического смятия по API (кривая 5^a). Как показано в таблице ДА.Д.17, кривая 5^a получена в результате более высокой нагрузки, но при более низком наружном давлении, чем кривая 3^a. Поскольку испытательный образец специально испытывается на трубах с высоким номинальным давлением смятия, для LP 22a90 была выбрана кривая 3^a, и применяется 100 % коэффициент масштабирования.

Т а б л и ц а ДА.Д.17 – Потенциальная LP 22a90 точек приложения нагрузки TLE^a,

основанных на кривых 3^а, 4^а и 5^а

Потенциальные CEE ^а	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3 ^а	- 1710	- 9140	- 1710	- 9140	B = 100 %
Кривая 4 ^а	- 1942	- 12388	- 1748	- 11149	B = 90 %
Кривая 5 ^а	- 1942	- 8057	- 1748	- 7251	B = 90 %

Несмотря на то, что CEE^а для LP 26a90 определяется кривой фактического смятия по API (кривая 5^а), самое высокое сочетание нагрузок TLE^а является безопасно практичным, основывается на кривой собственного высокого смятия (кривая 4^а). Как показано в таблице ДА.D.18, кривая 3^а получена в результате более высокого испытательного давления, чем давление при кривой 5^а, в тоже время кривая 4^а получена в результате меньшего испытательного давления, чем при кривой 3^а. Поскольку CEE определяется как мин. [кривая 4^а, макс. (кривая 3^а, кривая 5^а)], LP 26a90 использует кривую фактического VME (кривая 4^а) и 90 % двусосный коэффициент масштабирования. Т а б л и ц а ДА.D.18 – Потенциальная LP 26a90 точек приложения нагрузки TLE^а, основанных на кривых 3^а, 4^а и 5^а

Потенциальные CEE ^а	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3 ^а	1301	- 4755	1301	- 4755	B = 100 %
Кривая 4^а	1446	- 4859	1301	- 4373	B = 90 %
Кривая 5 ^а	1446	- 4589	1301	- 4130	B = 90 %

Пример расчета для LP 13a90:

$$LP\ 13a90\ CEE^a\ F_a = 0,90/0,90 \times CEE^a\ t = 0,90/0,90 \times 1942 = 1942\ kips$$

$$LP\ 13a90\ CEE^a\ p_i = 100\ \% \ CEE^a\ p_i \text{ или } LP13a90\ CEE^a\ F_a = 10906\ psi$$

$$LP\ 13a90\ TLE^a\ F_a = 0,90 \times LP\ 13a90\ CEE^a\ F_a = 0,90 \times 1942 = 1748\ kips$$

$$LP\ 13a90\ TLE^a\ p_i = 0,90 \times LP\ 13a90\ CEE^a\ p_i = 0,90 \times 13003 = 11206\ psi$$

Пример расчета для LP 25a90 (для кривой 3^а, B = 1,00):

$$LP\ 25a90\ CEE^a\ F_a = 0,33/B \times CEE^a\ t = 0,33/1,00 \times 1942 = 641\ kips$$

$$LP\ 25a90\ CEE^a\ p_o = 100\ \% \ CEE^a\ p_o \text{ или } LP\ 25a90\ CEE^a\ F_a = - 7811\ psi$$

$$LP\ 25a90\ TLE^a\ F_a = B \times LP\ 25a90\ CEE^a\ t = 1,00 \times 641 = 641\ kips$$

$$LP\ 25a90\ TLE^a\ p_o = B \times LP\ 25a90\ CEE^a\ p_o = 1,00 \times - 7811 = - 7811\ psi$$

Пример расчета для LP 29a90:

$$LP\ 29a90\ CEE^a\ F_a = \text{не применяется}$$

$$LP\ 29a90\ CEE^a\ p_i = \text{не применяется}$$

(Проект, окончательная редакция)

$$LP\ 29_{a90}\ TLE^a\ p_i = 0,20 \times LP\ 14_{a90}\ TLE^a\ p_i = 0,20 \times 11,267 = 2253\ \text{psi}$$

$$LP\ 29_{a90}\ F_{CEPL} = LP\ 29_{a90}\ TLE^a\ p_i \times (\pi/4 \times d_{avg}^2) = 2253 \times (\pi/4 \times 8,617^2) = 132\ \text{kips}$$

$$LP\ 29_{a90}\ TLE^a\ F_a = LP\ 28_{a90}\ TLE^a\ F_a + LP\ 29_{a90}\ F_{CEPL} = 896 + 132 = 1028\ \text{kips}$$

На основании СЕЕ^а, определенных изготовителем, в таблице ДА.Д.19 отображены получаемые в результате точки СЕЕ^а и точки приложения нагрузки TLE^а 90 % при температуре окружающей среды. Рисунок ДА.Д.18 отображает график СЕЕ^а и точек СЕЕ^а, TLE^а и точек приложения нагрузки TLE^а.

Т а б л и ц а ДА.Д.19 – 90 % точки СЕЕ^а и точки приложения нагрузки TLE^а при температуре окружающей среды

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (СЕЕ)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
10a90	1942	0	1748	0
11a90	не применяется	не применяется	1748	2454
12a90	не применяется	не применяется	1748	4908
13a90	1942	10906	1748	9815
14a90	1726	12519	1553	11267
15a90	834	14296	750	12866
16a90	0	12981	0	11683
17a90	- 539	11047	- 485	9942
18a90	- 1079	8181	- 971	7363
19a90	- 1618	3949	- 1456	3554
20a90	- 1942	0	- 1748	0
21a90	- 1942	0	- 1748	0
22a90	- 1710	- 9140	- 1710	- 9140
23a90	- 971	- 9140	- 971	- 9140
24a90	0	- 9140	0	- 9140
25a90	641	- 7811	641	- 7811
26a90	1446	- 4859	1301	- 4373
27a90	1942	0	1748	0
28a90	не применяется	не применяется	896	0
29a90	не применяется	не применяется	1028	2253
30a90	не применяется	не применяется	702	11267
31a90	не применяется	не применяется	176	2253

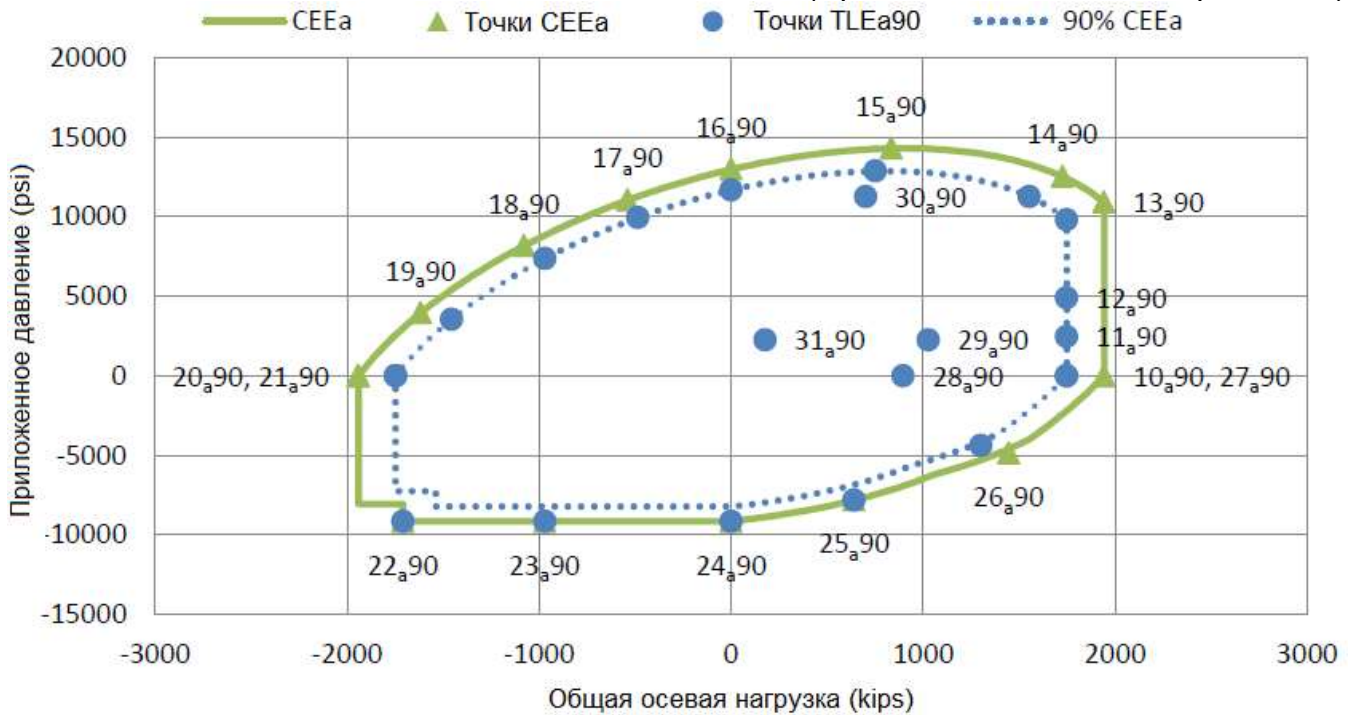


Рисунок DA.D.18 – Точки CEE^a и 90 % точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды

DA.D.5.6 Точки приложения нагрузки TLE при 150 °F (65 °C)

LP 13_{Cycle} устанавливается при температуре 150 °F (65 °C) с помощью линейной интерполяции между TLE при температуре окружающей среды и TLE при повышенной температуре, как определено в таблице DA.7. Для этого коэффициент K_{150° линейно интерполируют из K_{temp} на основе максимальной температуры 150 °F (65 °C). Этот коэффициент может быть использован для интерполяции эталонных кривых тела трубы из кривых при температуре окружающей среды, с применением методики, представленной в DA.D.4 с заменой K_{temp} на K_{150° . Предполагая, что для данного примера предел текучести материала при температуре окружающей среды был определен при 75 °F (23,8 °C), полученная формула для расчетного K_{150° выглядит следующим образом:

$$K_{150^\circ} = 1 - [(1 - K_{temp}) \times (150 - 75) / (\text{макс. темп.} - 75)]$$

На основании параметров, описанных в таблице DA.D.12, K_{150° это:

$$K_{150^\circ} = 1 - [(1 - 0,8864) \times (150 - 75) / (383 - 75)] = 0,9723$$

Из таблицы DA.7 LP 13_{Cycle} линейно интерполируется между LP 13e90, определенной по таблице DA.D.23, и LP 13a90, определенной по таблице DA.D.19, используя K_{150° следующим образом, получаем:

$$\begin{aligned} \text{LP 13}_{\text{Cycle}} \text{ TLE } F_a &= \text{LP 13e90 TLE}^e F_a + (K_{150^\circ} - K_{temp}) / (1 - K_{temp}) \times (\text{LP 13e90 TLE}^a F_a - \\ &\text{LP 13e90 TLE}^e F_a) = 1549 + (0,9723 - 0,8864) / (1 - 0,8864) \times (1748 - 1549) = 1549 + 0,7565 \times \\ &199 = 1699 \text{ kips} \end{aligned}$$

ГОСТ ISO 13679 – 20

(Проект, окончательная редакция)

$LP\ 13_{Cycle}\ TLE\ p_i = LP\ 13_{e90}\ TLE^e\ p_i + (K_{150^\circ} - K_{temp}) / (1 - K_{temp}) \times (LP\ 13_{e90}\ TLE^a\ p_i - LP\ 13_{e90}\ TLE^e\ p_i) = 8700 + (0,9723 - 0,8864) / (1 - 0,8864) \times (9815 - 8700) = 1549 + 0,7565 \times 1115 = 9544\ psi$

Таблица ДА.Д.20 содержит в себе результирующие точки приложения нагрузки TLE при 150 °F (65 °C).

Т а б л и ц а ДА.Д.20 — Точка приложения нагрузки TLE при 150 °F (65 °C)

Точка приложения нагрузки	Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
13 _{Cycle}	1699	9544

ДА.Д.5.7 Точки CEE^e и 90 % точки приложения нагрузки TLE^e при повышенной температуре

В таблице ДА.8 приведены рассчитанные точки приложения нагрузки 10e – 27e для расчета CEE^e F_a и p_i или p_o и TLE^e F_a и p_i или p_o . Изготовитель несет ответственность за определение CEE^e. В результате, CEE^e может не зависеть от CEE^a.

В данном примере, CEE^e связано с CEE^a с разницей в пределе текучести материала при температуре окружающей среды и при повышенной температуре, поэтому осевые CEE^e LP 10e – LP 21e устанавливаются путем умножения каждого CEE^a F_a на коэффициент масштабирования при повышенной температуре.

Из таблицы ДА.Д.12:

- CEE^e $t = CEE^a\ t \times K_{383^\circ} = 1942 \times 0,8864 = 1721\ kips$;

- CEE^e $c = CEE^a\ c \times K_{383^\circ} = -1942 \times 0,8864 = -1721\ kips$

Для CEE^e LP 10e – LP 27e, LP 10e и LP 13e – LP 27e расположены на CEE^e. LP 11e и LP 12e являются функцией LP 13e.

П р и м е ч а н и е – LP 10e и LP 27e являются одной и той же точкой и LP 20e и LP 21e являются одной и той же точкой.

Для TLE^e LP 10e – LP 21e, LP 10e и LP 13e – LP 21e двусоно масштабируются до точек CEE^e, указанных в таблице ДА.8, на основе указанного 90 % двусоного коэффициента масштабирования. LP 11e и LP 12e основаны на TLE^e LP 13e и не требуют двусоного масштабирования.

TLE^e LP 22e – LP 27e двусоно масштабируются до точек CEE^e, указанных в таблице ДА.8; однако, коэффициент масштабирования зависит от контрольной эталонной кривой. Кривая 3^e требует 100 % коэффициента масштабирования, поскольку кривая собственного высокого смятия не зависит от фактических размеров испытательного образца или предела текучести материала. Кривые 4^e и 5^e требуют 90 % двусоного

коэффициента масштабирования, поскольку обе кривые основаны на фактических размерах испытательного образца и пределе текучести материала. LP 23e – LP 25e основаны на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^e); поэтому применяется 100 % коэффициент масштабирования (без масштабирования). Как и прежде, TLE LP 22e и LP 26e требует специального рассмотрения в данном примере, и результирующие нагрузки испытания для каждой кривой должны быть сопоставлены, чтобы гарантировать, что испытательный образец испытывается при максимально высокой нагрузке или при комбинации практически безопасных нагрузок. LP 27e основана на кривой фактического VME (кривая 4^e), т.к. ни одна из кривых смятия по API не определяется при данном уровне осевой нагрузки. В данной точке CEE^a $p_o = 0$.

CEE^e и TLE^e для LP 22e могут быть основаны или на кривой собственного высокого смятия (кривая 3^e) или на кривой фактического смятия по API (кривая 5^e). Как показано в таблице DA.D.21, кривая 5^e получена в результате более высокой нагрузки, но при более низком наружном давлении, чем кривая 3^e. Поскольку испытательный образец специально испытывается на трубах с высоким номинальным давлением смятия, для LP 22e была выбрана кривая 3^e, и применяется 100 % коэффициент масштабирования.

Т а б л и ц а DA.D.21 – Потенциальная LP 22e точки приложения нагрузки TLE^e, основанных на кривых 3^e, 4^e и 5^e

Потенциальные CEE ^a	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3^e	- 1516	- 8102	- 1516	- 8102	B = 100 %
Кривая 4 ^e	- 1721	- 10980	- 1549	- 9882	B = 90 %
Кривая 5 ^e	- 1721	- 7142	- 1549	- 6428	B = 90 %

Несмотря на то, что CEE^e для LP 26e определяется кривой фактического смятия по API (кривая 5^e), самое высокое сочетание нагрузок TLE^a является безопасно практичным, и основано на кривой фактического VME (кривая 4^e). Как показано в таблице DA.D.22, кривая 3^e получена в результате более высокого испытательного давления, чем давление при кривой 5^e, в тоже время кривая 4^e получена в результате меньшего испытательного давления, чем при кривой 3^e. Поскольку CEE определяется как мин. [кривая 4^e, макс. (кривая 3^e, кривая 5^e)], LP 26a90 использует кривую фактического VME (кривая 4^e) и 90 % двусосный коэффициент масштабирования.

Т а б л и ц а DA.D.22 – Потенциальная LP 26e точки приложения нагрузки TLE^e, основанных на кривых 3^e, 4^e и 5^e

Потенциальные CEE ^a	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)		Коэффициент масштабирования
	Осевая точка, kips	Точка давления, psi	Осевая нагрузка, kips	Нагрузка под давлением, psi	
Кривая 3 ^e	1153	- 4215	1153	- 4215	B = 100 %
Кривая 4^e	1281	- 4307	1153	- 3876	B = 90 %
Кривая 5 ^e	1281	- 4068	1153	- 3661	B = 90 %

Пример расчета для LP 13^e:

$$LP\ 13_e\ CEE^e\ F_a = 0,90/0,90 \times CEE^e\ t = 0,90/0,90 \times 1721 = 1721\ kips$$

$$LP\ 13_e\ CEE^e\ p_i = 100\ \% \ CEE^e\ p_i \text{ или } LP\ 13_e\ CEE^e\ F_a = 9667\ psi$$

$$LP\ 13_e\ TLE^e\ F_a = 0,90 \times LP\ 13_e\ CEE^e\ t = 0,90 \times 1721 = 1549\ kips$$

$$LP\ 13_e\ TLE^e\ p_i = 0,90 \times LP\ 13_e\ CEE^e\ p_i = 0,90 \times 9667 = 8700\ psi$$

Пример расчета для LP 25^e (для кривой 4^e, B = 1,00):

$$LP\ 25_e\ CEE^e\ F_a = 0,33/B \times CEE^e\ t = 0,33/1,00 \times 1721 = 568\ kips$$

$$LP\ 25_e\ CEE^e\ p_o = 100\ \% \ CEE^e\ p_o \text{ или } LP\ 25_e\ CEE^e\ F_a = - 6897\ psi$$

$$LP\ 25_e\ TLE^e\ F_a = B \times LP\ 25_e\ CEE^e\ F_a = 1,00 \times 568 = 568\ kips$$

$$LP\ 25_e\ TLE^e\ p_o = B \times LP\ 25_e\ CEE^e\ p_o = 1,00 \times -6897 = - 6897\ psi$$

На основе CEE^e, определенные изготовителем, таблица ДА.D.23 соержит в себе результирующие точки CEE^e и точки приложения нагрузки TLE^e 90 % при повышенной температуре. Рисунок ДА.D.19 показывает график CEE^e и точек CEE^e и TLE^e и точек приложения нагрузки TLE^e.

Т а б л и ц а ДА.D.23 – 90 % точки CEE^e и точки приложения нагрузки TLE^e при повышенной температуре

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
10e	1721	0	1549	0
11e	не применяется	не применяется	1549	2175
12e	не применяется	не применяется	1549	4350
13e	1721	9667	1549	8700
14e	1530	11097	1377	9987
15e	739	12672	665	11405
16e	0	11506	0	10355
17e	- 478	9792	- 430	8813
18e	- 956	7251	- 861	6526
19e	- 1434	3500	- 1291	3150
20e	- 1721	0	- 1549	0
21e	- 1721	0	- 1549	0
22e	- 1516	- 8102	- 1516	- 8102
23e	- 861	- 8102	- 861	- 8102
24e	0	- 8102	0	- 8102
25e	568	- 6924	568	- 6924
26e	1281	- 4307	1153	- 3876
27e	1721	0	1549	0

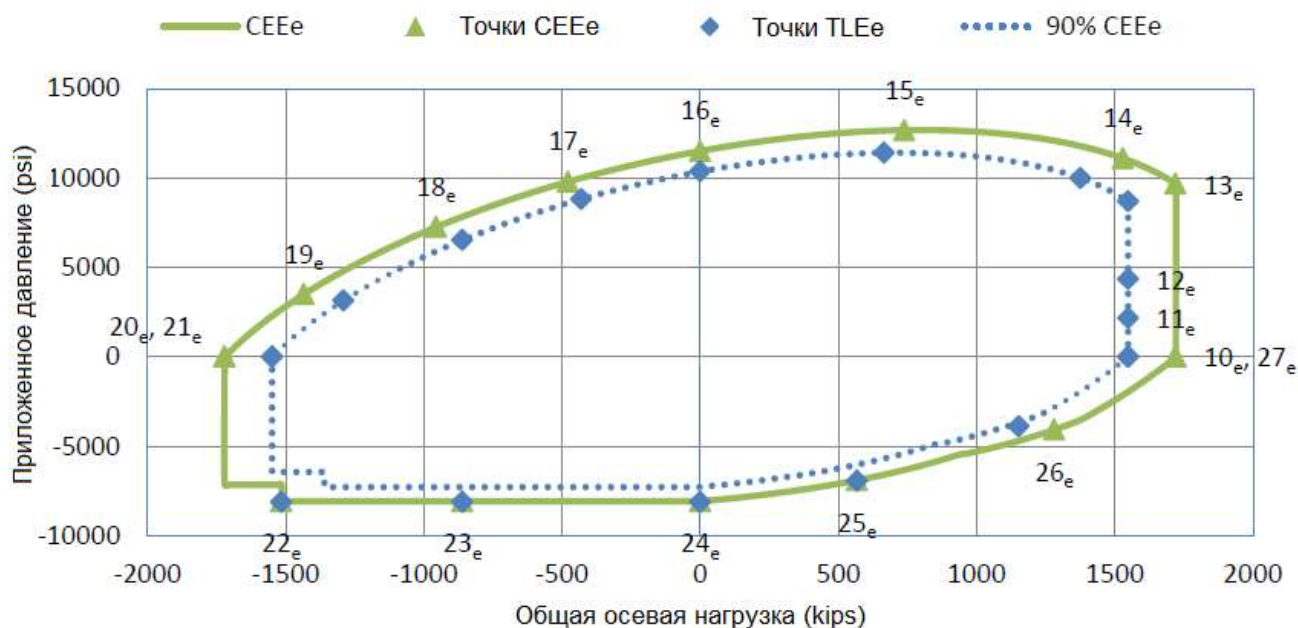


Рисунок ДА.Д.19 – 90 % точки CEE^e и точки приложения нагрузки TLE^e при повышенной температуре

ДА.Д.6 Графики нагружения CAL IV

ДА.Д.6.1 Общие положения

Как показано на рисунке ДА.3, графики нагружения основаны на температуре окружающей среды и повышенной температуре TLE. В настоящем разделе описаны графики нагружения для испытаний CAL IV серии А, серии В и серии С на основе точек приложения нагрузки TLE, определенных в ДА.Д.5 и ДА.Д.6. Графики нагружения

разработаны в той же последовательности, что и порядок испытаний для CAL IV, в соответствии с рисунком ДА.7. Приведены рекомендуемые траектории нагружения графика испытаний. Траектории нагружения приведены в информационных целях, т.к. они могут превышать допустимую траекторию нагружения для приведенной точки приложения нагрузки. Кроме того, некоторые последовательно определенные точки приложения нагрузки имеют точно такую же нагрузку; данные излишние шаги нагружения не были удалены.

ДА.Д.6.2 Графики нагружения TS-B

ДА.Д.6.2.1 Общие положения

Конкретные этапы нагружения для завершения CAL IV TS-B в соответствии с требованиями ДА.7.3.4 и таблицей ДА.11 приведены в таблицах ДА.Д.25 – ДА.Д.28 и на рисунках ДА.Д.20 – ДА.Д.23. Для обеспечения большей ясности, для данного примера TS-B был разбит на четыре цикла испытаний.

При определении графиков нагружения CAL IV серии В были применены следующие допущения:

а) фактическое среднее значение внутреннего диаметра трубы D_i (d_{avg}), используемое для расчета нагрузки от давления на торце с заглушкой (CEPL) для этапов нагружения внутренним давлением, равно 8,617 дюйма;

б) эквивалентное осевое усилие изгиба основано на изгибающем напряжении при D_o трубы. Измеренное максимальное среднее значение наружного диаметра трубы D_o (D_{avg}) и фактическое среднее значение внутреннего диаметра трубы D_i (d_{avg}) используются для расчета эквивалентного осевого усилия изгиба;

в) параметры трубы, используемые для расчета графиков нагружения CAL IV TS-B, приведены в таблице ДА.Д.24.

Примечание – В зависимости от конструкции резьбового соединения, D_i , используемый для расчетов CEPL, может быть не равен среднему значению внутреннего диаметра трубы D_i , в частности для резьбовых соединений с упорным заплечиком.

Таблица ДА.Д.24 – Пример параметров трубы, используемых для расчетов графиков нагружения

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	K_{Temp}	K_{nc}	E
<u>9,625</u> дюймов	<u>0,545</u> дюймов	<u>110000</u> psi	<u>9,697</u> дюймов	<u>0,507</u> дюймов	<u>0,540</u> дюймов	<u>125000</u> psi	<u>0,8864</u>	<u>9140</u> psi	<u>30*10⁶</u> psi

ДА.Д.6.2.2 Вывод формул, используемых при расчете изгиба испытательного образца тела трубы

Точки приложения нагрузки TLE, включая изгиб, требуют особого рассмотрения. Целью спецификации являются испытание определенных точек приложения нагрузки TLE F_a и p_i .

$$F_a = F_i + F_{CEPL} \pm F_b \quad (\text{ДА.Д.1})$$

В результате, номинальное осевое усилие растяжения или сжатия (F_i) должна быть отрегулирована на основе эквивалентного осевого усилия изгиба (F_b) таким образом, чтобы F_a поддерживалось при заданной нагрузке. Как указано в ДА.7.3.4, перечисление а), осевое усилие изгиба (F_b) должно быть ограничено во избежание перегрузок на выпуклой или вогнутой стороне трубы, в зависимости от конкретной точки приложения нагрузки.

Для точек СЕЕ и точек приложения нагрузки TLE 13b и 14b, F_a определяется на выпуклой стороне трубы (F_{ae}). Однако, для расчетов допустимого усилия изгиба (F_b), допустимое осевое усилие изгиба на вогнутой стороне трубы (F_{ai}) должно быть также рассчитано для каждой точки приложения нагрузки TLE.

Для точек СЕЕ следует добавить точки приложения нагрузки TLE 16b – 20b, тогда F_a определяется на вогнутой стороне трубы (F_{ai}). Однако, для расчетов допустимого усилия изгиба (F_b), допустимое осевое усилие изгиба на выпуклой стороне трубы (F_{ae}) должно быть также рассчитано для каждой точки приложения нагрузки TLE.

$$F_{ae} = F_i + F_{CEPL} + F_b \quad (\text{ДА.Д.2})$$

$$F_{ai} = F_i + F_{CEPL} - F_b \quad (\text{ДА.Д.3})$$

Для целей данного примера, резьбовое соединение считается прозрачным для тела трубы при изгибе, и усилие изгиба, применяемое к резьбовому соединению, такое же, как и для трубы.

П р и м е ч а н и е – Данное предположение может быть не корректным для конкретных резьбовых соединений, особенно для равнопроходного резьбового соединения и полуравнопроходного резьбового соединения; могут потребоваться дополнительные расчеты для обеспечения надлежащего нагружения резьбовых соединений (например, СЕЕ может отличаться для нагрузок с изгибом и без изгиба).

Для определения составляющей осевого напряжения, вызванной изгибом, в испытательном образце тела трубы, уравнение (6) взято непосредственно из ISO 10400.

Уравнение может быть изменено и перед использованием должно быть сверено с последней версией ISO 10400.

$$\sigma_b = \pm M_b r / I = \pm E_{cr} \quad (6)$$

Максимальное напряжение, вызванное изгибом трубы, находится при $r = D_{avg}/2$. В результате, радиус кривизны (c), полученный из указанного напряжения, вызванного изгибом трубы, можно установить путем пересчета уравнения (6) следующим образом:

$$c = (2 \times \sigma_b) / (E \times D_{avg}) \quad (\text{ДА.Д.4})$$

Единицы измерения c – радианы на единицу длины. Если σ_b и E выражены в psi, а r выражены в дюймах, c выражен в радианах на дюйм. Традиционно c выражен в единицах $^{\circ}/100$ футов и называется «прогиб». В результате, для преобразования c в D_{leg} требуется пересчет единиц измерения.

$$D_{leg} = c \times (1200 \times 180/\pi), \text{ при этом } D_{leg} \text{ в единицах } ^{\circ}/100 \text{ футов и в единицах радиан/дюйм} \quad (\text{ДА.Д.5})$$

и

$$F_b = \pm \sigma_b \times A_p = \pm E_{cr} \times A_p = \pm D_{leg} / (1200 \times 180/\pi) \times E \times D_{avg} / 2 \times A_p \quad (\text{ДА.Д.6})$$

$$D_{leg} = |F_b| \times (1200 \times 180/\pi) / (E \times D_{avg} / 2 \times A_p) \quad (\text{ДА.Д.7})$$

П р и м е ч а н и е – Уравнение (4) из 5.9.3.4 ISO 10400 используется для расчета эквивалентного осевого усилия изгиба в единицах измерения kips и является тем же уравнением (ДА.Д.7).

$$F_b = 2,284566 \times 10^{-8} \times (t_{ave} D_{avg}^2 - t_{avg}^2 D_{avg}) \times E \times D_{leg} \quad (4)$$

где F_b – эквивалентное осевое усилие изгиба, kips;

t_{avg} – измеренная средняя толщина стенки испытательного образца, дюймы;

D_{avg} – максимальный из средних измеренных наружных диаметров испытательного образца трубы, в установленных плоскостях, дюймы;

D_{leg} – эффективная степень искривления, градус $^{\circ}/100$ фут;

E – модуль упругости материала тела трубы, psi (см. ДА.5.5.2).

Уравнение (4) из 5.9.3.4 ISO 10400 было выведено с использованием следующего выражения:

$$\sigma_{осевое} = \sigma_{изгиба} \quad (\text{ДА.Д.8})$$

$$\frac{F_b}{A} = \frac{M \times c}{I} \quad (\text{ДА.Д.9})$$

$$F_b = \frac{M \times OD \times A}{2I} \quad (\text{ДА.Д.10})$$

$$M [ft - lbs] = 1,212 \times 10^{-6} \times E \times I \times D_{leg} \quad (\text{ДА.Д.11})$$

$$F_b = \frac{1,212 \times 10^{-6} \times E \times I \times D_{leg} \times OD \times A \times 12}{2I} \quad (\text{ДА.Д.12})$$

$$A = \frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) \quad (\text{ДА.Д.13})$$

$$A = \frac{\pi}{4} [OD^2 - (OD - 2t)^2] \quad (\text{ДА.Д.14})$$

$$F_b = \frac{1,212 \times 10^{-6} \times E \times I \times D_{leg} \times \pi \times [OD^2 - (OD - 2t)^2] \times OD \times 12}{8I} \quad (\text{ДА.Д.15})$$

Как указано в настоящем стандарте, изгиб TLE ограничивается меньшим из:

а) $D_{leg} = 20^{\circ}/100 \text{ ft}$;

- b) $F_b = \pm 40 \% \times (F_t - F_c)/2;$
- c) $F_b = \pm 40 \% \times (CEE_t - CEE_c)/2;$
- d) $F_b = \pm (TLE F_{ae} - TLE F_{ai})/2.$

Для данного примера используется модуль упругости (E) из ISO 10400, приложение F; однако фактический модуль упругости при температуре окружающей среды (E^a) и фактический модуль упругости при повышенной температуре (E^e) могут быть определены и использованы в расчетах в соответствии с ДА.5.5.1.

ДА.D.6.2.3 TS-B уровень 80 % при температуре окружающей среды без изгиба (QI, QII)

Как показано на рисунке ДА.D.20 и в таблице ДА.D.25, протокол испытания CAL IV начинается с TS-B, который включает в себя серию точек приложения нагрузки QI/QII в направлении CCW на уровне 80 % при температуре окружающей среды. Изгиб не применяется, а время выдержки составляет 2 мин, это указывает на то, что целью данного цикла испытаний является механическая нагрузка резьбовых соединений на среднем уровне, при наличии проблемы герметичности поверхности. Целью данного цикла испытаний не является оценка резьбовых соединений на абсолютную герметичность. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

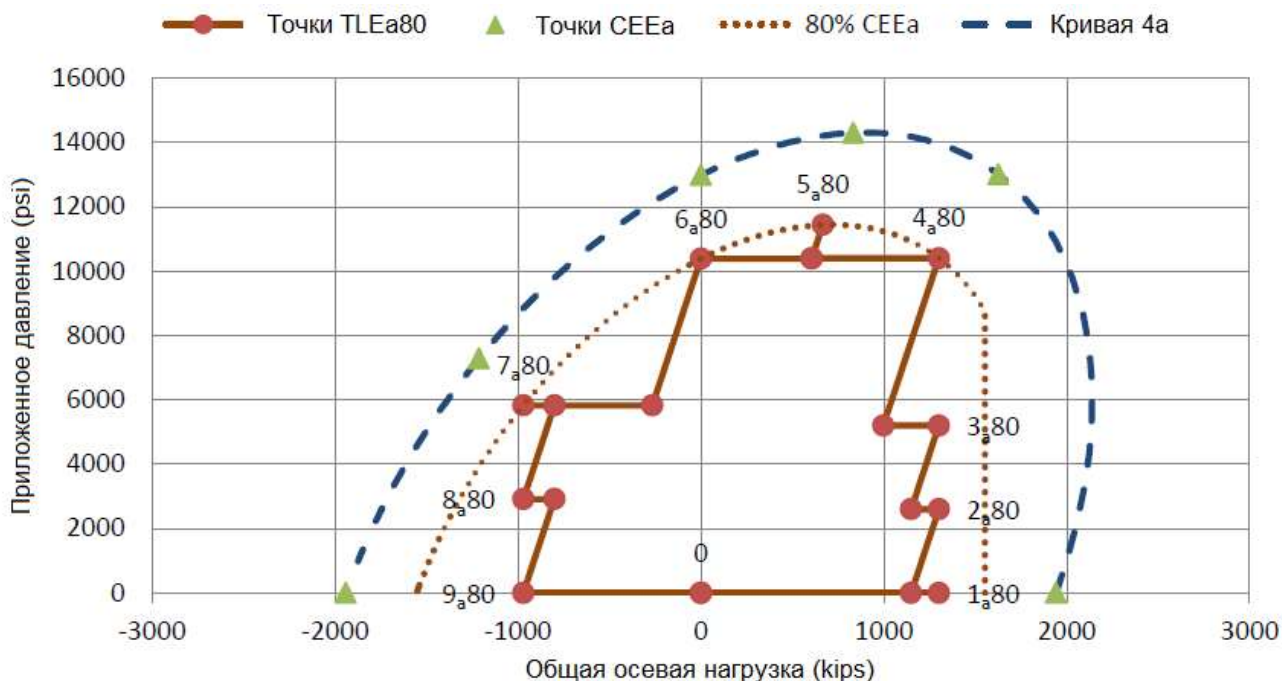


Рисунок ДА.D.20 – В^a 80 % (QI, QII), TS-B этапы нагружения 1 – 19

Т а б л и ц а ДА.D.25 – TS-B уровень 80 % при температуре окружающей среды

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

Начало CAL IV TS-B с B ^a 80 % (QI, QII) Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
1	0	0	0	0	0	0	0,0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 80 %)
2	1a80	1301	0	0	1301	0	0,0		2	
3	Переход	1149	0	0	1149	0	0,0		-	
4	2a80	1301	152	0	1149	2601	0,0		2	
5	Переход	1149	152	0	998	2601	0,0		-	
6	3a80	1301	303	0	998	5201	0,0		2	
7	Переход	998	303	0	694	5201	0,0		-	
8	4a80	1301	607	0	694	10402	0,0		2	
9	Переход	607	607	0	0	10402	0,0		-	
10	5a80	667	667	0	0	11437	0,0		2	
11	Переход	606	606	0	0	10385	0,0		-	
12	6a80	0	606	0	- 606	10385	0,0		2	
13	Переход	- 266	340	0	- 606	5826	0,0		-	
14	7a80	- 971	340	0	- 1311	5826	0,0		2	
15	Переход	- 801	340	0	- 1141	5826	0,0		-	
16	8a80	- 971	170	0	- 1141	2913	0,0		2	
17	Переход	- 801	170	0	- 971	2913	0,0		-	
18	9a80	- 971	0	0	- 971	0	0,0		2	
19	0	0	0	0	0	0	0,0		-	

Конец B^a 80 % (QI, QII)

ДА.Д.6.2.4 TS-B уровень 95 % при температуре окружающей среды без изгиба (QI, QII, QI)

Как показано на рисунке ДА.Д.21 и в таблице ДА.Д.26, испытание CAL IV TS-B продолжается с серией точек приложения нагрузки QI/QII в направлении CCW и CW (для оценки зависимости траектории нагрузки) на уровне 95 % при температуре окружающей среды. По-прежнему не применяются изгибающие нагрузки, и большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

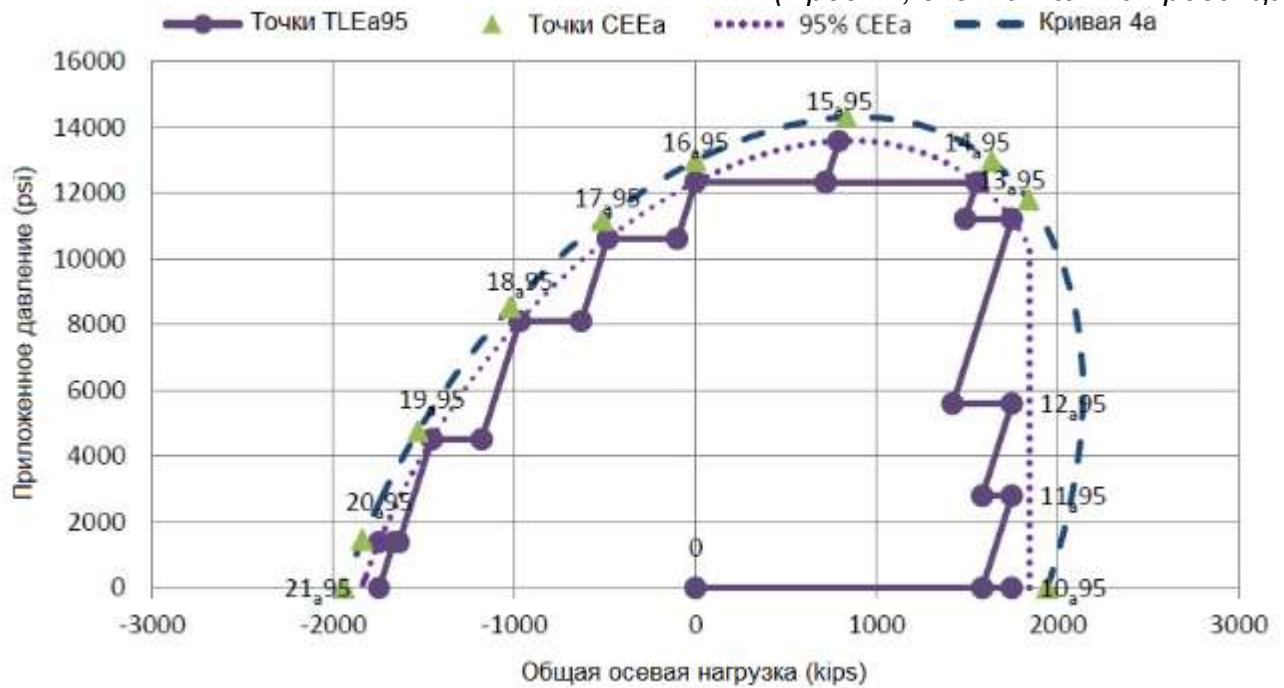


Рисунок ДА.Д.21 – В^а 95 % (QI, QII, QI), TS-B этапы нагружения 20 – 66

Т а б л и ц а ДА.Д.26 – TS-B уровень 95 % при температуре окружающей среды без изгиба

Продолжение CAL IV TS-B с В ^а 95 % (QI, QII, QI) Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
20	0	0	0	0	0	0	0,0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 95 %) См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.16, и рисунок ДА.Д.21
21	10a95	1748	0	0	1748	0	0,0		2	
22	Переход	1584	0	0	1584	0	0,0		-	
23	11a95	1748	163	0	1584	2802	0,0		5	
24	Переход	1584	163	0	1421	2802	0,0		-	
25	12a95	1748	327	0	1421	5603	0,0		5	
26	Переход	1421	327	0	1094	5603	0,0		-	
27	13a95	1748	654	0	1094	11206	0,0		5	
28	Переход	1489	654	0	835	11206	0,0		-	

Продолжение CAL IV TS-B с B ^a 95 % (QI, QII, QI)										
Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
29	14a95	1553	718	0	835	12316	0,0	Окружающей среды	5	Против часовой стрелки (уровень 95 %)
30	Переход	718	718	0	0	12316	0,0		-	
31	15a95	792	792	0	0	13581	0,0		5	
32	Переход	719	719	0	0	12332	0,0		-	
33	16a95	0	719	0	- 719	12332	0,0		5	
34	Переход	- 100	619	0	- 719	10612	0,0		-	
35	17a95	- 485	619	0	- 1104	10612	0,0		5	
36	Переход	- 631	473	0	- 1104	8108	0,0		-	
37	18a95	- 971	473	0	- 1444	8108	0,0		5	
38	Переход	- 1181	263	0	- 1444	4513	0,0		-	
39	19a95	- 1456	263	0	- 1720	4513	0,0		5	
40	Переход	- 1638	81	0	- 1720	1391	0,0		-	
41	20a95	- 1748	81	0	- 1829	1391	0,0		5	
42	Переход	- 1667	81	0	- 1748	1391	0,0		-	
43	21a95	- 1748	0	0	- 1748	0	0,0		2	
44	Переход	- 1667	81	0	- 1748	1391	0,0		-	
45	20a95	- 1748	81	0	- 1829	1391	0,0		5	
46	Переход	- 1638	81	0	- 1720	1391	0,0		-	
47	19a95	- 1456	263	0	- 1720	4513	0,0		5	
48	Переход	- 1181	263	0	- 1444	4513	0,0		-	
49	18a95	- 971	473	0	- 1444	8108	0,0		5	
50	Переход	- 631	473	0	- 1104	8108	0,0		-	
51	17a95	- 485	619	0	- 1104	10612	0,0		5	
52	Переход	- 100	619	0	- 719	10612	0,0		-	
53	16a95	0	719	0	- 719	12332	0,0		5	
54	Переход	719	719	0	0	12332	0,0		-	
55	15a95	792	792	0	0	13581	0,0		5	
56	Переход	718	718	0	0	12316	0,0		-	
57	14a95	1553	718	0	835	12316	0,0		5	
58	Переход	1489	654	0	835	11206	0,0		-	
59	13a95	1748	654	0	1094	11206	0,0		5	
60	Переход	1421	327	0	1094	5603	0,0		-	
61	12a95	1748	327	0	1421	5603	0,0		5	
62	Переход	1584	163	0	1421	2802	0,0		-	
63	11a95	1748	163	0	1584	2802	0,0		5	
64	Переход	1584	0	0	1584	0	0,0		-	
65	10a95	1748	0	0	1748	0	0,0		2	
66	0	0	0	0	0	0	0,0		-	

Конец B^a 95 % (QI, QII, QI)

ДА.Д.6.2.5 TS-B уровень 90 % при повышенной температуре с изгибом (QI, QII,

QI)

Как показано на рисунке ДА.Д.22 и в таблице ДА.Д.27, испытание CAL IV TS-B продолжается под внутреннем давлением. Повышенная температура и изгиб вводятся с серией точек приложения нагрузки QI/QII в направлении против часовой стрелки и по часовой стрелке (для оценки зависимости траектории нагружения) при уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

Для таблицы ДА.Д.27 переходные точки приложения нагрузки должны быть заменены непосредственно перед этими точками приложения нагрузки и после них, для обеспечения надлежащего перехода между точками приложения нагрузки.

Изгибающая нагрузка для точек приложения нагрузки, за исключением LP 16be, составляет 20,0°/100 футов в соответствии с ДА.7.3.4, перечисление а) 1). Изгибающая нагрузка для LP 16be должна быть уменьшена до 19,8°/100 футов во избежание перегрузки трубы на выпуклой стороне трубы, на основе метода расчета, приведенного в ДА.Д.6.2.2 в соответствии с ДА.7.3.4, перечисление а) 4).

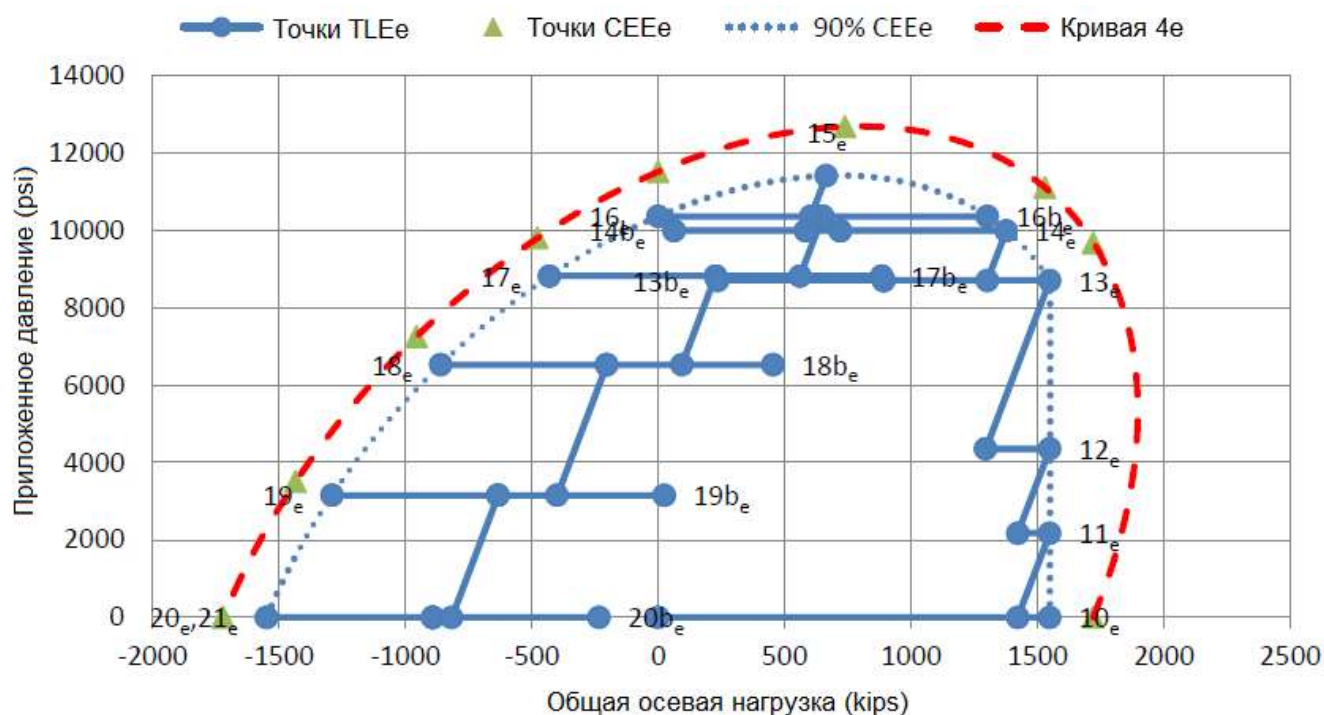


Рисунок ДА.Д.22 – В° 90 % (QI, QII, QI), TS-B этапы нагружения 67 – 155

Продолжение CAL IV TS-B с V_{90} 90 % (QI, QII, QI)											
Система выявления под внутренним давлением для TS-B и TS-C											
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Время выдержки, мин	Направление
								Температура, °F			
67	0	0	0	0	0	0	0,0	Нагрев	-		
68	10e	1549	0	0	1549	0	0,0	356	2		
69	Переход	1422	0	0	1422	0	0,0	356	-		
70	11e	1549	127	0	1422	2175	0,0	356	5		
71	Переход	1422	127	0	1295	2175	0,0	356	-		
72	12e	1549	254	0	1295	4350	0,0	356	5		
73	Переход	1295	254	0	1042	4350	0,0	356	-		
74	13e	1549	507	0	1042	8700	0,0	356	15		
75	Переход	892	507	0	384	8700	0,0	356	-		
76	13be	1549	507	657	384	8700	20,0	356	15		
77	Переход	892	507	0	384	8700	0,0	356	-		
78	Переход	1302	507	0	795	8700	0,0	356	-		
79	14e	1377	582	0	795	9987	0,0	356	10		
80	Переход	720	582	0	137	9987	0,0	356	-		
81	14be	1377	582	657	137	9987	20,0	356	60		
82	Переход	720	582	0	137	9987	0,0	356	-		
83	Переход	582	582	0	0	9987	0,0	356	-		
84	15e	665	665	0	0	11405	0,0	356	15		
85	Переход	604	604	0	0	10355	0,0	356	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %)	
86	16e	0	604	0	- 604	10355	0,0	356	10		
87	Переход	651	604	0	47	10355	0,0	356	-	См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.23, и рисунок ДА.Д.22	
88	16be	0	604	- 651	47	10355	19,8	356	10		
89	Переход	651	604	0	47	10355	0,0	356	-		
90	Переход	561	514	0	47	8813	0,0	356	-		
91	17e	- 430	514	0	- 944	8813	0,0	356	10		
92	Переход	227	514	0	- 287	8813	0,0	356	-		
93	17be	- 430	514	- 657	- 287	8813	20,0	356	10		
94	Переход	227	514	0	- 287	8813	0,0	356	-		
95	Переход	94	381	0	- 287	6526	0,0	356	-		
96	18e	- 861	381	0	- 1241	6526	0,0	356	-		
97	Переход	- 203	381	0	- 584	6526	0,0	356	-		
98	18be	- 861	381	- 657	- 584	6526	20,0	356	10		
99	Переход	- 203	381	0	- 584	6526	0,0	356	-		
100	Переход	- 400	184	0	- 584	3150	0,0	356	-		
101	19e	- 1291	184	0	- 1475	3150	0,0	356	10		
102	Переход	- 634	184	0	- 817	3150	0,0	356	-		
103	19be	- 1291	184	- 657	- 817	3150	20,0	356	10		
104	Переход	- 634	184	0	- 817	3150	0,0	356	-		
105	Переход	- 817	0	0	- 817	0	0,0	356	-		
106	20e	- 1549	0	0	- 1549	0	0,0	356	2 ^a		
107	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-		
108	20be	- 1549	0	- 657	- 892	0	20,0	356	5 ^b		
109	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-		
110	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-		
111	21e	- 1549	0	0	- 1549	0	0,0	356	2		

Продолжение таблицы ДА.Д.27

Продолжение CAL IV TS-B с V ^е , 90 % (QI, QII, QI) Система выявления под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
112	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-	По часовой стрелке (уровень 90 %) См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.23, и рисунок ДА.Д.22
113	20be °	- 1549	0	- 657	- 892	0	20,0	356	5 ^b	
114	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-	
115	Переход	- 892	0	0	- 892	0	0,0	356	-	
116	20e °	- 1549	0	0	- 1549	0	0,0	356	2 ^a	
117	Переход	- 817	0	0	- 817	0	0,0	356	-	
118	Переход	- 634	184	0	- 817	3150	0,0	356	-	
119	19be °	- 1291	184	- 657	- 817	3150	20,0	356	10	
120	Переход	- 634	184	0	- 817	3150	0,0	356	-	
121	19e °	- 1291	184	0	- 1475	3150	0,0	356	10	
122	Переход	- 400	184	0	- 584	3150	0,0	356	-	
123	Переход	- 203	381	0	- 584	6526	0,0	356	-	
124	18be °	- 861	381	- 657	- 584	6526	20,0	356	60	
125	Переход	- 203	381	0	- 584	6526	0,0	356	-	
126	18e °	- 861	381	0	- 1241	6526	0,0	356	10	
127	Переход	94	381	0	- 287	6526	0,0	356	-	
128	Переход	227	514	0	- 287	8813	0,0	356	-	
129	17be °	- 430	514	- 657	- 287	8813	20,0	356	10	
130	Переход	227	514	0	- 287	8813	0,0	356	-	
131	17be °	- 430	514	0	- 944	8813	0,0	356	10	
132	Переход	561	514	0	47	8813	0,0	356	-	
133	Переход	651	604	0	47	10355	0,0	356	-	
134	16be °	0	604	- 651	47	10355	19,8	356	10	
135	Переход	651	604	0	47	10355	0,0	356	-	
136	16e °	0	604	0	- 604	10355	0,0	356	10	
137	Переход	604	604	0	0	10355	0,0	356	-	
138	15e	665	665	0	0	11405	0,0	356	15	
139	Переход	582	582	0	0	9987	0,0	356	-	
140	Переход	720	582	0	137	9987	0,0	356	-	
141	14be °	1377	582	657	137	9987	20,0	356	10	
142	Переход	720	582	0	137	9987	0,0	356	-	
143	14e °	1377	582	0	795	9987	0,0	356	10	
144	Переход	1302	507	0	795	8700	0,0	356	-	
145	Переход	892	507	0	384	8700	0,0	356	-	
146	13be °	1549	507	657	384	8700	20,0	356	60	
147	Переход	892	507	0	384	8700	0,0	356	-	

Окончание таблицы ДА.Д.27

Продолжение CAL IV TS-B с V^e 90 % (QI, QII, QI) Система выявления под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
148	13e ^c	1549	507	0	1042	8700	0,0	356	10	По часовой стрелке (уровень 90 %) См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.23, и рисунок ДА.Д.22
149	Переход	1295	254	0	1042	4350	0,0	356	-	
150	12e	1549	254	0	1295	4350	0,0	356	5	
151	Переход	1422	127	0	1295	2175	0,0	356	-	
152	11e	1549	127	0	1422	2175	0,0	356	5	
153	Переход	1422	0	0	1422	0	0,0	356	-	
154	10e	1549	0	0	1549	0	0,0	356	2	
155	0	0	0	0	0	0	0,0	356	-	
Конец V^e 90 % (QI, QII, QI)										
<p>^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин до 2 мин.</p> <p>^b Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин до 5 мин.</p> <p>^c Если бы изгиб контролировался методом контроля кривизны, основанном на эквивалентном напряжении (ДА.5.9.3.4.4), то точка приложения нагрузки при изгибе испытывалась бы после соответствующей точки приложения нагрузки без изгиба.</p>										

ДА.Д.6.2.6 TS-B уровень 90 % при температуре окружающей среды с изгибом (QI, QII, QI)

Как показано на рисунке ДА.Д.23 и в таблице ДА.Д.28, испытание CAL IV TS-B завершается серией точек приложения нагрузки QI/QII в направлении CCW и CW (для оценки зависимости траектории нагрузки) с изгибом на уровне 90 % при температуре окружающей среды. Последовательность испытаний от температуры окружающей среды до повышенной температуры и обратно к температуре окружающей среды является необходимым аспектом испытания. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

Примечание – D_{leg} для точек приложения нагрузки с изгибом составляет 20,0°/100 футов в соответствии с ДА.7.3.4.3, перечисление а) 1).

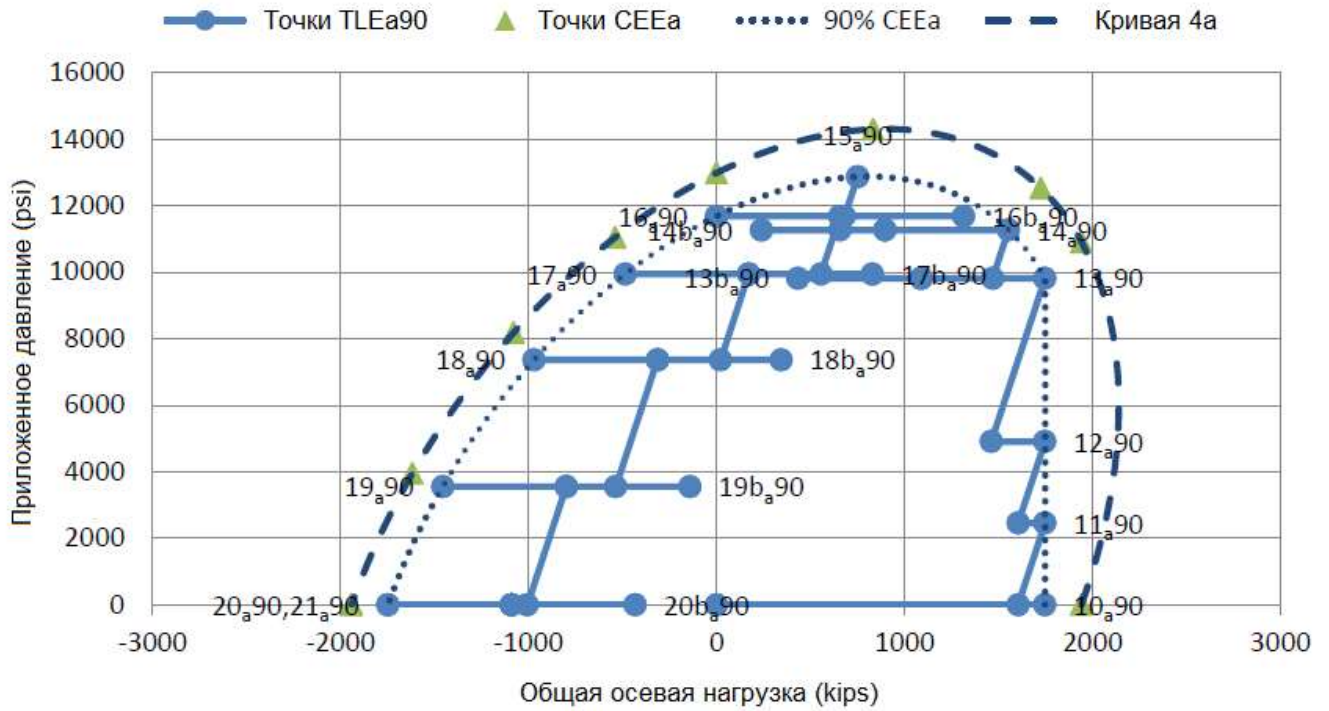


Рисунок ДА.D.23 – В^а_б 90 % (QI, QII, QI), TS-B этапы нагружения 156 – 244

Т а б л и ц а ДА.D.28 – TS-B уровень 90 % при температуре окружающей среды с изгибом

Завершение CAL IV TS-B с В ^а _б 90 % (QI, QII, QI) Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
156	0	0	0	0	0	0	0,0	Охлаждение	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %) См. таблицу ДА.D.11, таблицу ДА.D.19, и рисунок ДА.D.23
157	10a90	1748	0	0	1748	0	0,0	Окружающей среды	2	
158	Переход	1605	0	0	1605	0	0,0		-	
159	11a90	1748	143	0	1605	2454	0,0		5	
160	Переход	1605	143	0	1461	2454	0,0		-	
161	12a90	1748	286	0	1461	4908	0,0		5	
162	Переход	1461	286	0	1175	4908	0,0		-	
163	13a90	1748	572	0	1175	9815	0,0		10	
164	Переход	1090	572	0	518	9815	0,0		-	
165	13ba90	1748	572	657	518	9815	20,0		10	
166	Переход	1090	572	0	518	9815	0,0		-	
167	Переход	1469	572	0	896	9815	0,0		-	
168	14a90	1553	657	0	896	11267	0,0		10	
169	Переход	896	657	0	239	11267	0,0		-	
170	14ba90	1553	657	657	239	11267	20,0		10	
171	Переход	896	657	0	239	11267	0,0		-	
172	Переход	657	657	0	0	11267	0,0		-	
173	15a90	750	750	0	0	12866	0,0		60	
174	Переход	681	681	0	0	11683	0,0		-	
175	16a90	0	681	0	- 681	11683	0,0		10	
176	Переход	657	681	0	- 24	11683	0,0	-		

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)
Продолжение таблицы ДА.Д.28

Завершение CAL IV TS-B с V^a , 90 % (QI, QII, QI)										
Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, °/100'	CAL IV		Направление
								Температура, °F	Время выдержки, мин	
177	16ba90	0	681	- 657	- 24	11683	20,0	Окружающей среды	10	Против часовой стрелки (уровень 90 %) См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.19, и рисунок ДА.Д.23
178	Переход	657	681	0	- 24	11683	0,0		-	
179	Переход	556	580	0	- 24	9942	0,0		-	
180	17a90	- 485	580	0	- 1065	9942	0,0		10	
181	Переход	172	580	0	- 408	9942	0,0		-	
182	17ba90	- 485	580	- 657	- 408	9942	20,0		10	
183	Переход	172	580	0	- 408	9942	0,0		-	
184	Переход	21	429	0	- 408	7363	0,0		-	
185	18a90	- 971	429	0	- 1400	7363	0,0		10	
186	Переход	- 314	429	0	- 743	7363	0,0		-	
187	18ba90	- 971	429	- 657	- 743	7363	20,0		10	
188	Переход	- 314	429	0	- 743	7363	0,0		-	
189	Переход	- 536	207	0	- 743	3554	0,0		-	
190	19a90	- 1456	207	0	- 1664	3554	0,0		10	
191	Переход	- 799	207	0	- 1006	3554	0,0		-	
192	19ba90	- 1456	207	- 657	- 1006	3554	20,0		10	
193	Переход	- 799	207	0	- 1006	3554	0,0		-	
194	Переход	- 1006	0	0	- 1006	0	0,0		-	
195	20a90	- 1748	0	0	- 1748	0	0,0		2 ^a	
196	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0		-	
197	20ba90	- 1748	0	- 657	- 1090	0	20,0		5 ^b	
198	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0		-	
199	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0		-	
200	21a90	- 1748	0	0	- 1748	0	0,0		2	
201	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0	-		
202	20ba90 ^c	- 1748	0	- 657	- 1090	0	20,0	5 ^b		
203	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0	-		
204	Переход	- 1090	0	0	- 1090	0	0,0	-		
205	20a90 ^c	- 1748	0	0	- 1748	0	0,0	2 ^a		
206	Переход	- 1006	0	0	- 1006	0	0,0	-		
207	Переход	- 799	207	0	- 1006	3554	0,0	-		
208	19ba90 ^c	- 1456	207	- 657	- 1006	3554	20,0	10		
209	Переход	- 799	207	0	- 1006	3554	0,0	-		
210	19a90 ^c	- 1456	207	0	- 1664	3554	0,0	10		
211	Переход	- 536	207	0	- 743	3554	0,0	-		
212	Переход	- 314	429	0	- 743	7363	0,0	-		
213	18ba90 ^c	- 971	429	- 657	- 743	7363	20,0	10		
214	Переход	- 314	429	0	- 743	7363	0,0	-		

Окончание таблицы ДА.Д.28

Завершение CAL IV TS-B с V^a 90 % (QI, QII, QI)										
Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C										
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Нагрузка при изгибе резьбового соединения, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Прогиб, $^{\circ}/100'$	CAL IV		Направление
								Температура, $^{\circ}F$	Время выдержки, мин	
215	18a90 °	- 971	429	0	- 1400	7363	0,0	Окружающей среды	10	По часовой стрелке (уровень 90 %) См. таблицу ДА.11, таблицу ДА.Д.19, и рисунок ДА.Д.23
216	Переход	21	429	0	- 408	7363	0,0		-	
217	Переход	172	580	0	- 408	9942	0,0		-	
218	17ba90 °	- 485	580	- 657	- 408	9942	20,0		10	
219	Переход	172	580	0	- 408	9942	0,0		-	
220	17ba90 °	- 485	580	0	- 1065	9942	0,0		10	
221	Переход	556	580	0	- 24	9942	0,0		-	
222	Переход	657	681	0	- 24	11683	0,0		-	
223	16ba90 °	0	681	- 657	- 24	11683	20,0		60	
224	Переход	657	681	0	- 24	11683	0,0		-	
225	16a90 °	0	681	0	- 681	11683	0,0		10	
226	Переход	681	681	0	0	11683	0,0		-	
227	15a90	750	750	0	0	12866	0,0		10	
228	Переход	657	657	0	0	11267	0,0		-	
229	Переход	896	657	0	239	11267	0,0		-	
230	14ba90 °	1553	657	657	239	11267	20,0		10	
231	Переход	896	657	0	239	11267	0,0		-	
232	14a90 °	1553	657	0	896	11267	0,0		10	
233	Переход	1469	572	0	896	9815	0,0		-	
234	Переход	1090	572	0	518	9815	0,0		-	
235	13ba90 °	1748	572	657	518	9815	20,0		10	
236	Переход	1090	572	0	518	9815	0,0		-	
237	13a90 °	1748	572	0	1175	9815	0,0		10	
238	Переход	1461	286	0	1175	4908	0,0		-	
239	12a90	1748	286	0	1461	4908	0,0	5		
240	Переход	1605	143	0	1461	2454	0,0	-		
241	11a90	1748	143	0	1605	2454	0,0	5		
242	Переход	1605	0	0	1605	0	0,0	-		
243	10a90	1748	0	0	1748	0	0,0	2		
244	0	0	0	0	0	0	0,0	-		
Конец CAL IV TS-B										
<p>^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено до 2 мин.</p> <p>^b Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено до 5 мин.</p> <p>П р и м е ч а н и е – Это сокращает время выдержки для этапа нагружения 197 с 60 до 5 мин.</p> <p>^c Если изгиб контролировался методом контроля кривизны, основанном на эквивалентном напряжении (ДА.5.9.3.4.4), то точка приложения нагрузки при изгибе испытывалась бы после соответствующей точки приложения нагрузки без изгиба.</p>										

ДА.Д.6.3 График нагружения TS-C**ДА.Д.6.3.1 Общие положения**

Конкретные этапы нагружения для завершения CAL IV TS-C в соответствии с требованиями ДА.7.3.5 и таблицы ДА.13 приведены в таблицах ДА.Д.30 и ДА.Д.31, а также на рисунках ДА.Д.24 и ДА.Д.25. Для большей ясности, для данного примера TS-C был разбит на два цикла испытаний.

При определении графиков нагружения CAL IV серии С были использованы следующие допущения:

а) фактическое среднее значение внутреннего диаметра трубы D_i (d_{avg}), используемое для расчета CEPL для этапов нагружения внутренним давлением, составляет 8,617 дюйма;

б) параметры труб, используемые для расчета графиков нагружения CAL IV TS-C, приведены в таблице ДА.Д.29.

Примечание – В зависимости от конструкции резьбового соединения, D_i , используемое для расчета CEPL, может не быть равным среднему значению D_i , особенно для внутренних резьбовых соединений с упорным заплочиком.

Таблица ДА.Д.29 – Пример параметров трубы, используемых для расчета графиков нагружения серии С

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	K_{temp}
<u>9,625</u> дюймов	<u>0,545</u> дюйма	<u>110000</u> psi	<u>9,697</u> дюйма	<u>0,507</u> дюйма	<u>0,540</u> дюйма	<u>125000</u> psi	<u>0,8864</u>

ДА.Д.6.3.2 Десять термических циклов TS-C (ТС1 – ТС10)

Как показано на рисунке ДА.Д.24 и в таблице ДА.Д.30, испытание CAL IV продолжается с помощью TS-C. TS-C начинается с нагрева испытательного образца до установленной повышенной температуры и применения постоянного напряжения и нагружения внутренним давлением (LP 14e) с периодом выдержки в один час. Во время поддержания постоянной нагрузки, испытательный образец охлаждается, а затем совершает цикл между температурой окружающей среды и повышенной температурой 10 раз. Точки выдержки при температуре окружающей среды и при повышенной температуре требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

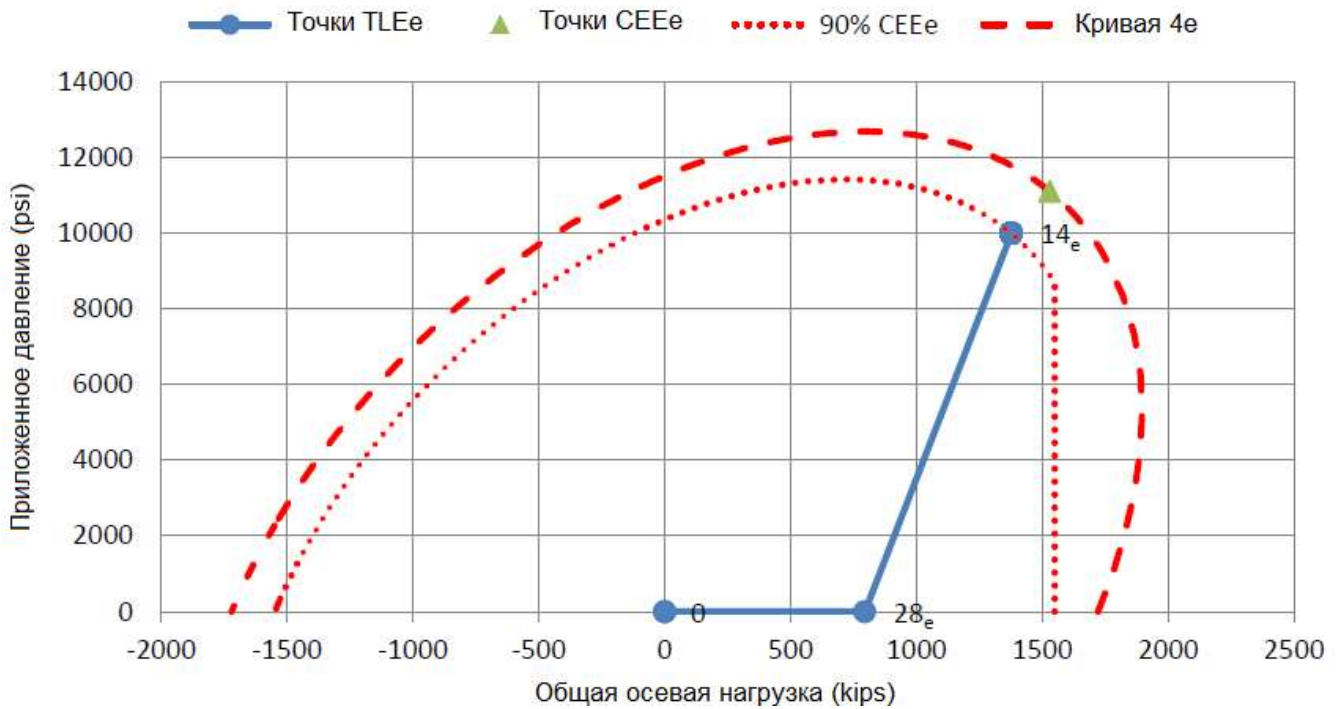


Рисунок ДА.D.24 – Десять термических циклов, TS-C этапы нагружения 1 – 44

Т а б л и ц а ДА.D.30 – График нагружения CAL IV серия С, термический цикл

Начало CAL IV TS-C с 10 термическими циклами								
Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Описание этапа нагружения
1	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
2	0	0	0	0	0	356	-	
3	28e	795	0	795	0	356	-	
4	14e	1377	582	795	9987	356	60	
5	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС1 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.24
6	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
7	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
8	14e	1377	582	795	9987	356	5	
9	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС2 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.24
10	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
11	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
12	14e	1377	582	795	9987	356	5	
13	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС3 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.24
14	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
15	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
16	14e	1377	582	795	9987	356	5	
17	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС4 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.24
18	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
19	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
20	14e	1377	582	795	9987	356	5	
21	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС5 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.24
22	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
23	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
24	14e	1377	582	795	9987	356	5	

ГОСТ ISO 13679 – 20
 (Проект, окончательная редакция)
 Окончание таблицы ДА.Д.30

Начало CAL IV TS-C с 10 термическими циклами Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Описание этапа нагружения
25	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС6 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.24
26	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
27	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
28	14e	1377	582	795	9987	356	5	
29	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС7 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.24
30	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
31	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
32	14e	1377	582	795	9987	356	5	
33	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС8 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.24
34	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
35	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
36	14e	1377	582	795	9987	356	5	
37	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС9 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.24
38	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
39	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
40	14e	1377	582	795	9987	356	5	
41	14e	1377	582	795	9987	Охлаждение	-	ТС10 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.24
42	14e	1377	582	795	9987	До 125 включ.	5	
43	14e	1377	582	795	9987	Нагрев	-	
44	14e	1377	582	795	9987	356	5	
Конец TS-C 10 термических циклов								

ДА.Д.6.3.3 Пять механических циклов TS-C (MC1 – MC5)

Как показано на рисунке ДА.Д.25 и в таблице ДА.Д.31, испытание CAL IV TS-C заканчивается серией из пяти механических циклов при температуре окружающей среды. Планируемая траектория для данных механических циклов проходит в направлении CCW с точкой выдержки при высоком напряжении и высоком внутреннем давлении (LP 14a90), что требует оценки герметичности. Остальные точки, проходящие через механические циклы, не требуют абсолютной оценки герметичности. Оценка герметичности должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

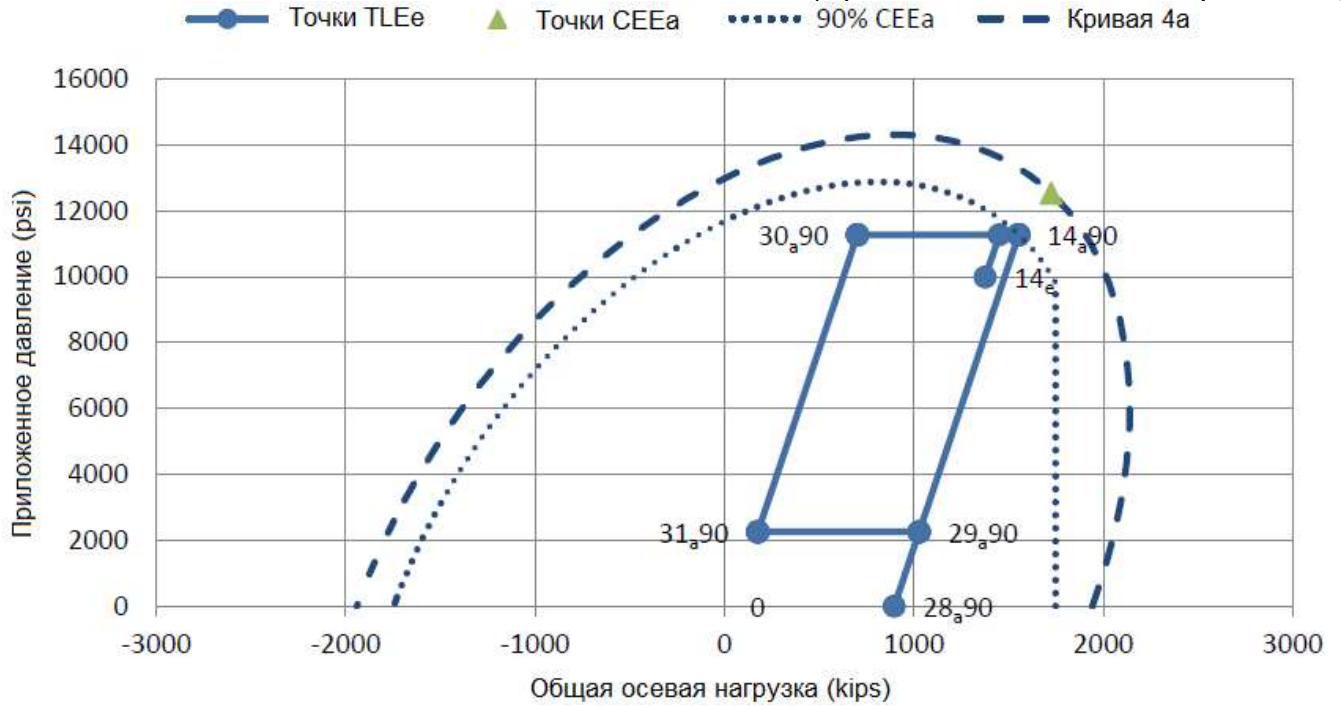


Рисунок ДА.Д.25 – Пять механических циклов, TS-C этапы нагружения 45 – 69

Т а б л и ц а ДА.Д.31 – График нагружения CAL IV серия С, механический цикл

Продолжение CAL IV TS-C с 5 механическими циклами Система выявления утечек под внутренним давлением для TS-B и TS-C								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Описание этапа нагружения
45	14e	1377	582	795	9987	95	-	Переход
46	Переход	1452	657	795	11267	95	-	
47	14a90	1553	657	896	11267	95	5	
48	30a90	702	657	45	11267	95	2	MC1 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.25
49	31a90	176	131	45	2253	95	2	
50	29a90	1028	131	896	2253	95	2	
51	14a90	1553	657	896	11267	95	5	MC2 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.25
52	30a90	702	657	45	11267	95	2	
53	31a90	176	131	45	2253	95	2	
54	29a90	1028	131	896	2253	95	2	MC3 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.2
55	14a90	1553	657	896	11267	95	5	
56	30a90	702	657	45	11267	95	2	
57	31a90	176	131	45	2253	95	2	MC4 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.2
58	29a90	1028	131	896	2253	95	2	
59	14a90	1553	657	896	11267	95	5	
60	30a90	702	657	45	11267	95	2	MC5 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.2
61	31a90	176	131	45	2253	95	2	
62	29a90	1028	131	896	2253	95	2	
63	14a90	1553	657	896	11267	95	5	MC5 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.2
64	30a90	702	657	45	11267	95	2	
65	31a90	176	131	45	2253	95	2	
66	29a90	1028	131	896	2253	95	2	MC5 См. таблицу ДА.13, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.2
67	14a90	1553	657	896	11267	95	5	
68	Переход	896	0	896	0	95	-	
69	0	0	0	0	0	95	-	

Конец CAL IV TS-C

ДА.Д.6.4 График нагружения TS-A**ДА.Д.6.4.1 Общие положения**

Конкретные этапы нагружения для завершения испытаний CAL IV серии А в соответствии с требованиями ДА.7.3.3 и таблицей ДА.9 приведены в таблицах ДА.Д.33 – ДА.Д.42 и на рисунках ДА.Д.26 – ДА.Д.35. Для обеспечения большей ясности, для данного примера TS-A был разбит на 10 циклов испытаний.

При определении графиков нагружения CAL IV серии А были применены следующие допущения:

а) фактическое среднее значение внутреннего диаметра трубы D_i (d_{avg}), используемое для вычисления CEPL для этапов нагружения, равно 8,617 дюйма;

б) напорная камера наружного давления накладывается на испытательный образец трубы наружным диаметром D_o . Если напорная камера наружного давления установлена на поверхность, наружный диаметр которой не равен номинальному наружному диаметру трубы D_o , осевая нагрузка должна быть отрегулирована из-за CEPL, для гарантии того, что установленная общая осевая нагрузка приложена;

с) параметры трубы, используемые для расчета графиков нагружения CAL IV TS-A, приведены в таблице ДА.Д.32.

Примечание – В зависимости от конструкции резьбового соединения, D_i , используемый для вычисления CEPL, может быть не равен среднему значению внутреннего диаметра трубы D_i , особенно для внутренних резьбовых соединений с упорным заплечиком.

Таблица ДА.Д.32 – Пример параметров трубы, используемых для расчета графиков нагружения серии А

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенка	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a	K_{383°	K_{150°	K_{hc}
9,625 дюймов	0,545 дюйма	110000 psi	9,697 дюймов	0,507 дюйма	0,540 дюйма	125000 psi	0,8864	0,9723	9140 psi

Примечание – K_{150° был округлен; для получения точной формулы см. ДА.Д.5.6.

ДА.Д.6.4.2 TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QI, QII)

Как показано на рисунке ДА.Д.26 и в таблице ДА.Д.33, испытание CAL IV продолжается с TS-A. TS-A начинается с испытания под внутренним давлением при повышенной температуре. Серия точек приложения нагрузки QI/QII выполняется в направлении против часовой стрелки CWW на уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Если испытание проводится с установленной камерой наружного давления, оценка герметичности должна осуществляться методом падения давления (см. ДА.5.8.2 и рисунок ДА.16). В противном случае, оценка герметичности

должна производиться одним из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

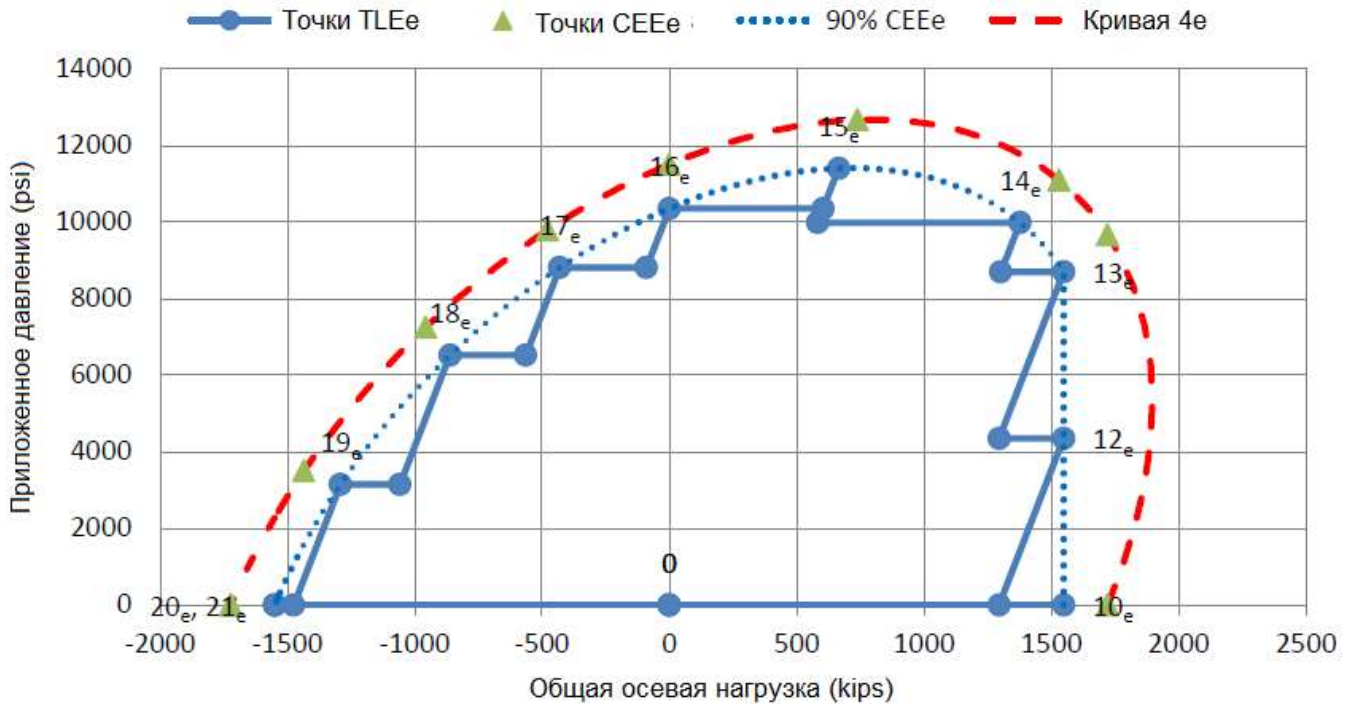


Рисунок ДА.D.26 – A^e 90 % (QI, QII), TS-A этапы нагружения 1 – 24

Т а б л и ц а ДА.D.33 – TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QI, QII)

Начало CAL IV TS-A с A ^e 90 % (QI, QII) Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
1	0	0	0	0	0	Нагрев	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.23, и рисунок ДА.D.26
2	0	0	0	0	0	356	-	
3	10e	1549	0	1549	0	356	2	
4	Переход	1295	0	1295	0	356	-	
5	12e	1549	254	1295	4350	356	10	
6	Переход	1295	254	1042	4350	356	-	
7	13e	1549	507	1042	8700	356	10	
8	Переход	1302	507	795	8700	356	-	
9	14e	1377	582	795	9987	356	10	
10	Переход	582	582	0	9987	356	-	
11	15e	665	665	0	11405	356	10	
12	Переход	604	604	0	10355	356	-	
13	16e	0	604	- 604	10355	356	60	
14	Переход	- 90	514	- 604	8813	356	-	
15	17e	- 430	514	- 944	8813	356	10	
16	Переход	- 564	381	- 944	6526	356	-	

ГОСТ ISO 13679 – 20
 (Проект, окончательная редакция)
 Окончание таблицы ДА.Д.33

Начало CAL IV TS-A с A° 90 % (QI, QII) Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагру- жения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
17	18e	- 861	381	- 1241	6526	356	10	Против часовой стрелки (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.23, и рисунок ДА.Д.26
18	Переход	- 1057	184	- 1241	3150	356	-	
19	19e	- 1291	184	- 1475	3150	356	10	
20	Переход	- 1475	0	- 1475	0	356	-	
21	20e	- 1549	0	- 1549	0	356	2 ^a	
22	Переход	- 1549	0	- 1549	0	356	-	
23	21e	- 1549	0	- 1549	0	356	2	
24	0	0	0	0	0	356	-	
Конец A° 90 % (QI, QII) Переход от испытания под внутренним давлением к испытанию под наружным давлением								
^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин до 2 мин.								

ДА.Д.6.4.3 TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QIII, QIV) и (QIV, QIII)

Как показано на рисунке ДА.Д.27 и в таблице ДА.Д.34, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под наружным давлением при повышенной температуре. Серия точек приложения нагрузки QIII/QIV выполняется сначала в направлении CCW, а затем в направлении CW (для оценки зависимости от траектории нагружения) при уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна быть проведена методом падения давления (см. ДА.5.8.2 и рисунок ДА.17). Система должна оставаться закрытой для предотвращения вытекания горячей жидкости из камеры наружного давления.

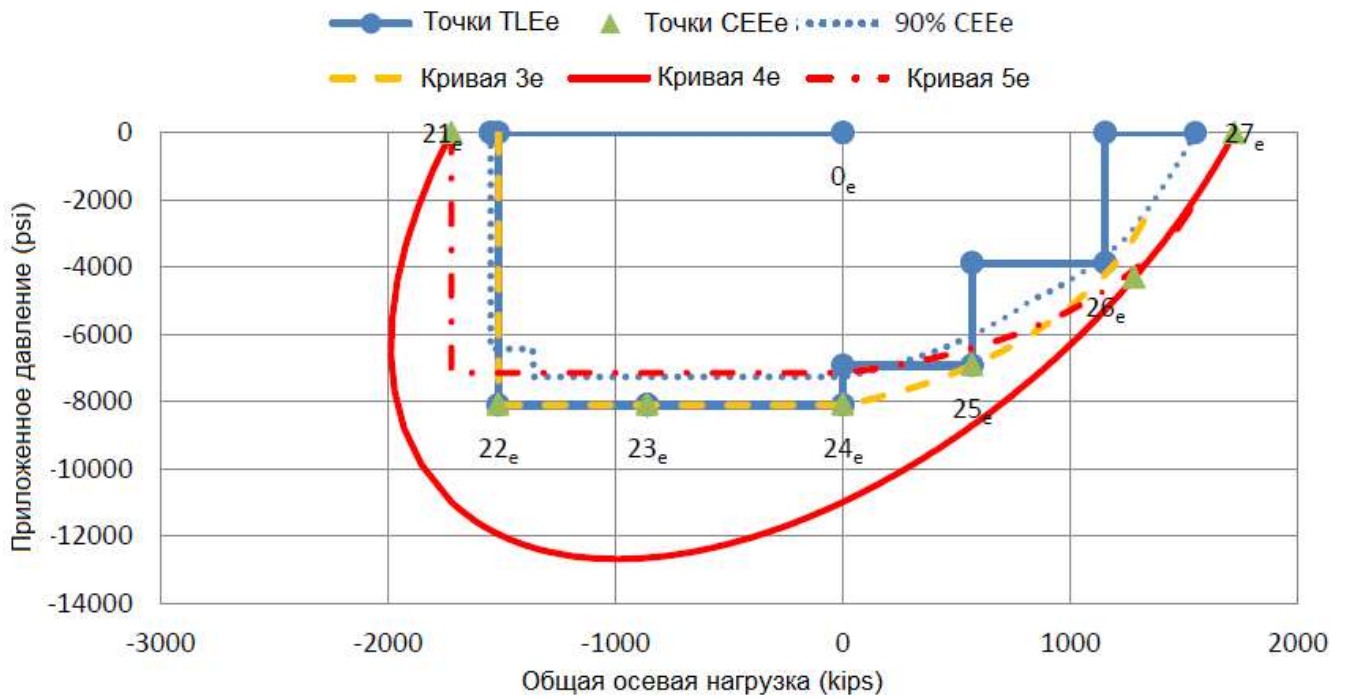


Рисунок ДА.Д.27 – А° 90 % (QIII, QIV) и А° 90 % (QIV, QIII), TS-A этап нагружения 25 – 51
Т а б л и ц а ДА.Д.34 – TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QIII, QIV) и (QIV, QIII)

Продолжение CAL IV TS-A с А° 90 % (QIII, QIV) и А° 90 % (QIV, QIII) Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
25	0	0	0	0	0	356	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %)
26	21e	- 1549	0	- 1549	0	356	2	
27	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
28	22e	- 1516	0	- 1516	- 8102	356	60	
29	Переход	- 861	0	- 861	- 8102	356	-	
30	23e	- 861	0	- 861	- 8102	356	10	
31	Переход	- 861	0	- 861	- 8102	356	-	
32	24e	0	0	0	- 8102	356	10	
33	Переход	0	0	0	- 6924	356	-	
34	25e	568	0	568	- 6924	356	10	
35	Переход	568	0	568	- 3876	356	-	
36	26e	1153	0	1153	- 3876	356	10	
37	Переход	1153	0	1153	0	356	-	
38	27e	1549	0	1549	0	356	2	
39	Переход	1153	0	1153	0	356	-	
40	26e	1153	0	1153	- 3876	356	10	По часовой стрелке (уровень 90 %)
41	Переход	568	0	568	- 3876	356	-	
42	25e	568	0	568	- 6924	356	10	
43	Переход	0	0	0	- 6924	356	-	
44	24e	0	0	0	- 8102	356	60	
45	Переход	- 861	0	- 861	- 8102	356	-	
46	23e	- 861	0	- 861	- 8102	356	10	

Продолжение CAL IV TS-A с A ^e 90 % (QIII, QIV) и A ^e 90 % (QIV, QIII) Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
47	Переход	-861	0	-861	-8102	356	-	По часовой стрелке (уровень 90 %)
48	22e	-1516	0	-1516	-8102	356	10	
49	Переход	-1516	0	-1516	0	356	-	См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.27
50	21e	-1549	0	-1549	0	356	2	
51	0	0	0	0	0	356	-	
Конеч A ^e 90 % (QIII, QIV) и A ^e 90 % (QIV, QIII) Переход от испытания под наружным давлением к испытанию под внутренним давлением								

ДА.Д.6.4.4 TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QII, QI)

Как показано на рисунке ДА.Д.28 и в таблице ДА.Д.35, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под внутренним давлением при повышенной температуре. Серия точек приложения нагрузки QI/QII выполняется в направлении по часовой стрелке. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Настоящее испытание может быть выполнено с установленной камерой наружного давления, а оценка герметичности проводится методом падения давления (см. ДА.5.8.2 и рисунок ДА.16). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

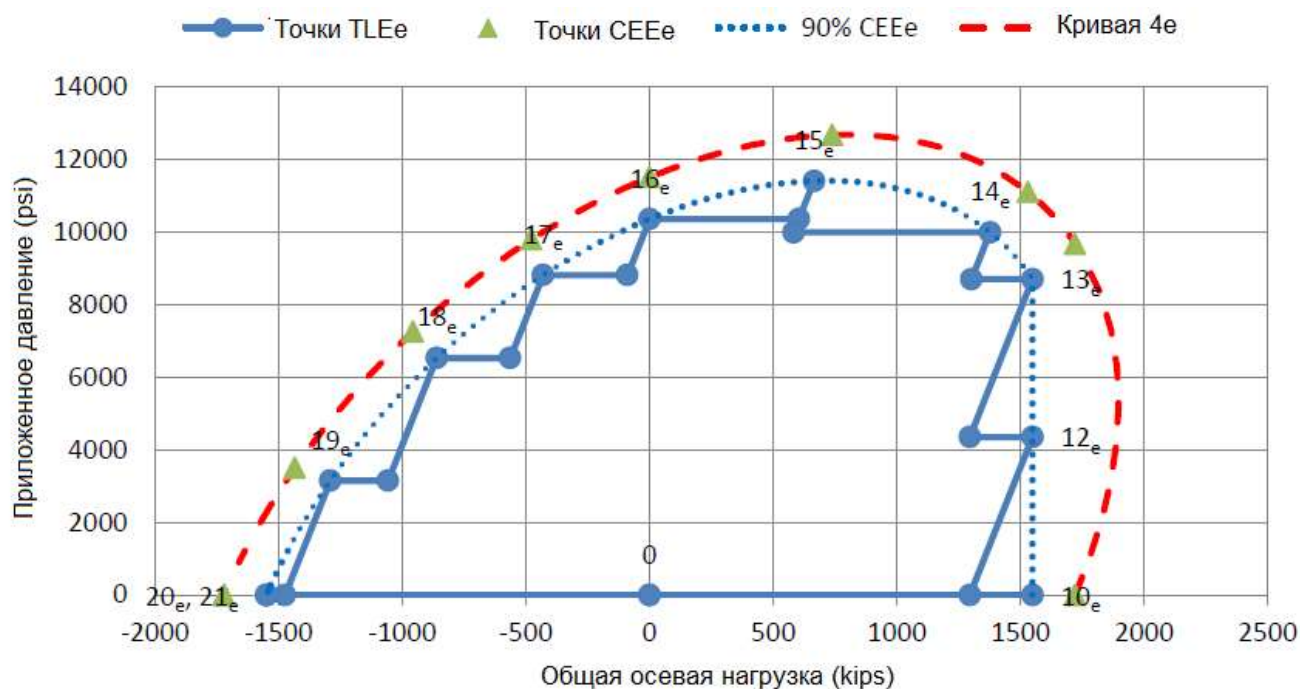


Рисунок ДА.Д.28 – A^e 90 % (QIII, QIV) и A^e 90 % (QIV, QIII), TS-A этапы нагружения 52 – 74

Т а б л и ц а ДА.D.35 – TS-A уровень 90 % при повышенной температуре (QII, QI)

Продолжение TS-A с Ae 90 % (QII, QI)								
Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
52	0	0	0	0	0	356	-	По часовой стрелке (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.23 и рисунок ДА.D.28
53	21e	- 1549	0	- 1549	0	356	2	
54	Переход	- 1549	0	- 1549	0	356	-	
55	20e	- 1549	0	- 1549	0	356	2 ^a	
56	Переход	- 1475	0	- 1475	0	356	-	
57	19e	- 1291	184	- 1475	3150	356	10	
58	Переход	- 1057	184	- 1241	3150	356	-	
59	18e	- 861	381	- 1241	6526	356	60	
60	Переход	- 564	381	- 944	6526	356	-	
61	17e	- 430	514	- 944	8813	356	10	
62	Переход	- 90	514	- 604	8813	356	-	
63	16e	0	604	- 604	10355	356	10	
64	Переход	604	604	0	10355	356	-	
65	15e	665	665	0	11405	356	10	
66	Переход	582	582	0	9987	356	-	
67	14e	1377	582	795	9987	356	60	
68	Переход	1302	507	795	8700	356	-	
69	13e	1549	507	1042	8700	356	10	
70	Переход	1295	254	1042	4350	356	-	
71	12e	1549	254	1295	4350	356	10	
72	Переход	1295	0	1295	0	356	-	
73	10e	1549	0	1549	0	356	2	
74	0	0	0	0	0	356	-	
Конец A° 90 % (QII, QI)								
^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин. до 2 мин.								

ДА.D.6.4.5 TS-A уровень 90 %, пять циклов QI – QIII

Как показано на рисунке ДА.D.29 и в таблице ДА.D.36, испытание CAL IV TS-A продолжает цикл нагружения и температуры (пять циклов) между QI при температуре окружающей среды [до 150 °F включ. (65 °C)] и QIII при повышенной температуре. Точки выдержки в QI и QIII требуют оценки герметичности. Данное испытание может быть выполнено с установленной камерой наружного давления, а оценка герметичности производится методом падения давления (см. ДА.5.8.2 и рисунком ДА.16). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7. Для испытания под наружным давлением, оценка герметичности должна осуществляться методом падения давления (см. ДА.5.8.2 и рисунок ДА.17). Система должна оставаться закрытой для предотвращения вытекания горячей жидкости из камеры наружного давления.

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

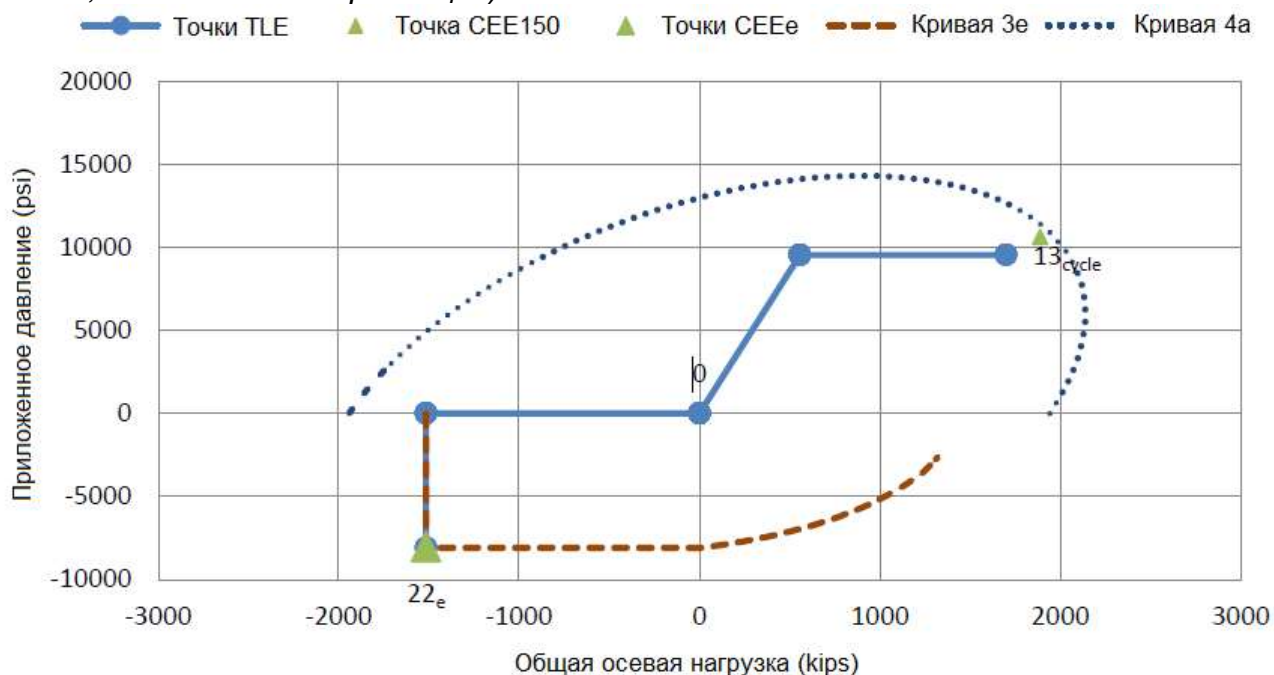


Рисунок ДА.Д.29 – A^e 90 % (QIII, QIV) и A^e 90 % (QIV, QIII), TS-A
этапы нагружения 75 – 125

Т а б л и ц а ДА.Д.36 –TS-A уровень 90 % пять циклов QI-QIII

Продолжение CAL IV TS-A с A ^e 90 % 5 циклов QI-QIII Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
75	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	Цикл 1 (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.20, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.29
76	Переход	557	557	0	9544	150	-	
77	13 _{cycle}	1699	557	1143	9544	150	15	
78	Переход	557	557	0	9544	150	-	
79	0	0	0	0	0	150	-	
80	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
81	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
82	22 _e	- 1516	0	- 1516	8102	356	15	
83	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
84	0	0	0	0	0	356	-	
85	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	Цикл 2 (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.20, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.299
86	Переход	557	557	0	9544	150	-	
87	13 _{cycle}	1699	557	1143	9544	150	15	
88	Переход	557	557	0	9544	150	-	
89	0	0	0	0	0	150	-	
90	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
91	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
92	22 _e	- 1516	0	- 1516	- 8102	356	15	
93	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
94	0	0	0	0	0	356	-	

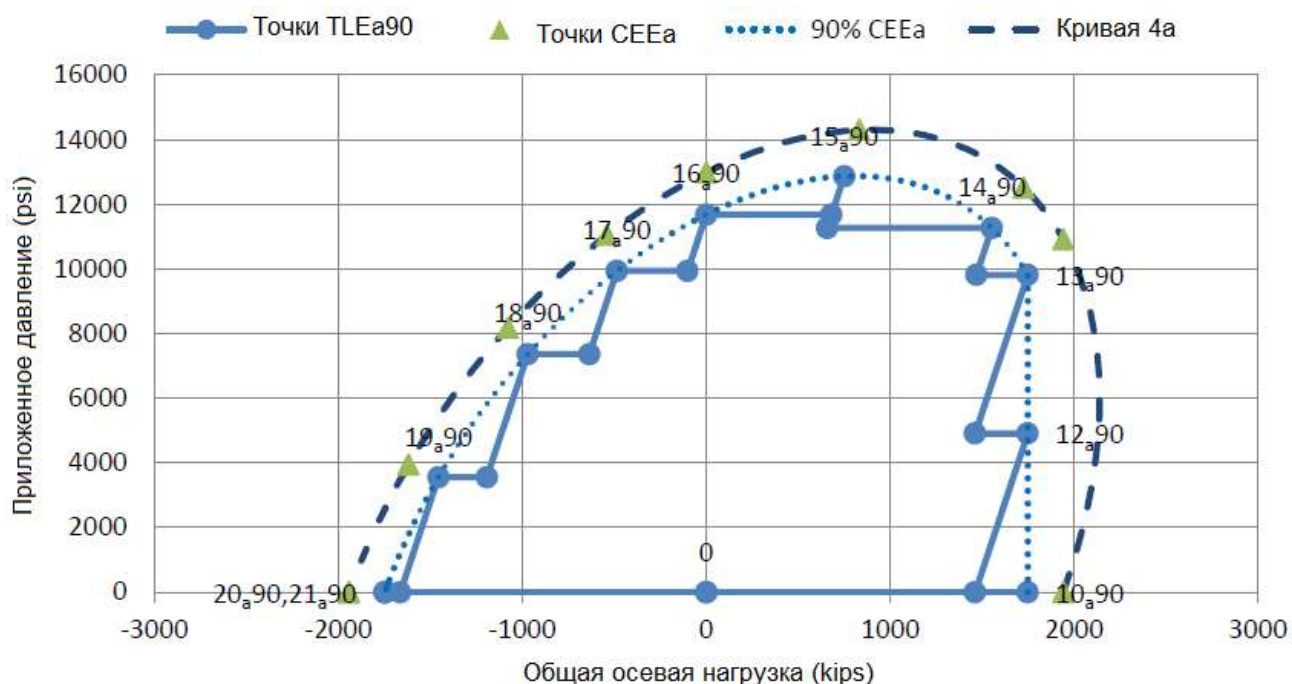
Окончание таблицы ДА.Д.36

Продолжение CAL IV TS-A с А ^е 90 % 5 циклов QI-QIII Система выявления утечек для TS-A при повышенной температуре								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
95	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	Цикл 3 (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.20, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.29
96	Переход	557	557	0	9544	150	-	
97	13 _{cycle}	1699	557	1143	9544	150	15	
98	Переход	557	557	0	9544	150	-	
99	0	0	0	0	0	150	-	
100	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
101	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
102	22 _e	- 1516	0	- 1516	- 8102	356	15	
103	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
104	0	0	0	0	0	356	-	
105	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	Цикл 4 (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.20, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.29
106	Переход	557	557	0	9544	150	-	
107	13 _{cycle}	1699	557	1143	9544	150	15	
108	Переход	557	557	0	9544	150	-	
109	0	0	0	0	0	150	-	
110	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
111	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
112	22 _e	- 1516	0	- 1516	- 8102	356	15	
113	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
114	0	0	0	0	0	356	-	
115	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	Цикл 5 (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.20, таблицу ДА.Д.23 и рисунок ДА.Д.29
116	Переход	557	557	0	9544	150	-	
117	13 _{cycle}	1699	557	1143	9544	150	15	
118	Переход	557	557	0	9544	150	-	
119	0	0	0	0	0	150	-	
120	0	0	0	0	0	Нагрев	-	
121	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
122	22 _e	- 1516	0	- 1516	- 8102	356	15	
123	Переход	- 1516	0	- 1516	0	356	-	
124	0	0	0	0	0	356	-	
125	0	0	0	0	0	Охлаждение	-	
Конец циклов QI-QIII Переход с системы выявления утечек на метод температуры окружающей среды								

ДА.Д.6.4.6 TS-A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QI, QII)

Как показано на рисунке ДА.Д.30 и в таблице ДА.Д.37, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под внутренним давлением при температуре окружающей среды. Серия точек приложения нагрузки QI/QII выполняется в направлении против часовой стрелки при уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Настоящее испытание может быть выполнено с установленной камерой наружного давления, а оценка герметичности осуществляется при помощи метода

выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

Рисунок ДА.D.30 – A^a 90 % (QI, QII), TS-A этапы нагружения 126 – 148

Т а б л и ц а ДА.D.37 – TS-A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QI, QII)

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 90 % (QI-QIII)								
Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
126	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %)
127	10a90	1748	0	1748	0		2	
128	Переход	1461	0	1461	0		-	
129	12a90	1748	286	1461	4908		10	
130	Переход	1461	286	1175	4908		-	
131	13a90	1748	572	1175	9815		10	
132	Переход	1469	572	896	9815		-	
133	14a90	1553	657	896	11267		10	
134	Переход	657	657	0	11267		-	
135	15a90	750	750	0	12866		10	
136	Переход	681	681	0	11683		-	
137	16a90	0	681	- 681	11683		60	
138	Переход	- 102	580	- 681	9942		-	
139	17a90	- 485	580	- 1065	9942		10	
140	Переход	- 636	429	- 1065	7363		-	
141	18a90	- 971	429	- 1400	7363		10	
142	Переход	- 1193	207	- 1400	3554	-		

Окончание таблицы ДА.Д.37

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 90 % (QI-QIII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	СЕPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
143	19a90	- 1456	207	- 1664	3554	Окружающей среды	10	Против часовой стрелки (уровень 90 %)
144	Переход	- 1664	0	- 1664	0		-	
145	20a90	- 1748	0	- 1748	0		2 ^a	
146	Переход	- 1748	0	- 1748	0		-	См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.19 и рисунок ДА.Д.30
147	21a90	- 1748	0	- 1748	0		2	
148	0	0	0	0	0		-	
Конец A ^a 90 % (QI,QII) Переход от испытаний, проводимых под внутренним давлением, к испытаниям, проводимым под наружным давлением								
^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин до 2 мин.								

ДА.Д.6.4.7 TS- A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QIII, QIV) и (QIV, QIII)

Как показано на рисунке ДА.Д.31 и в таблице ДА.Д.38, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под наружным давлением. Серия точек приложения нагрузки QIII/QIV выполняется сначала в направлении против часовой стрелки, а затем в направлении по часовой стрелке (для оценки зависимости траектории нагружения) на уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности осуществляется при помощи метода выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14)

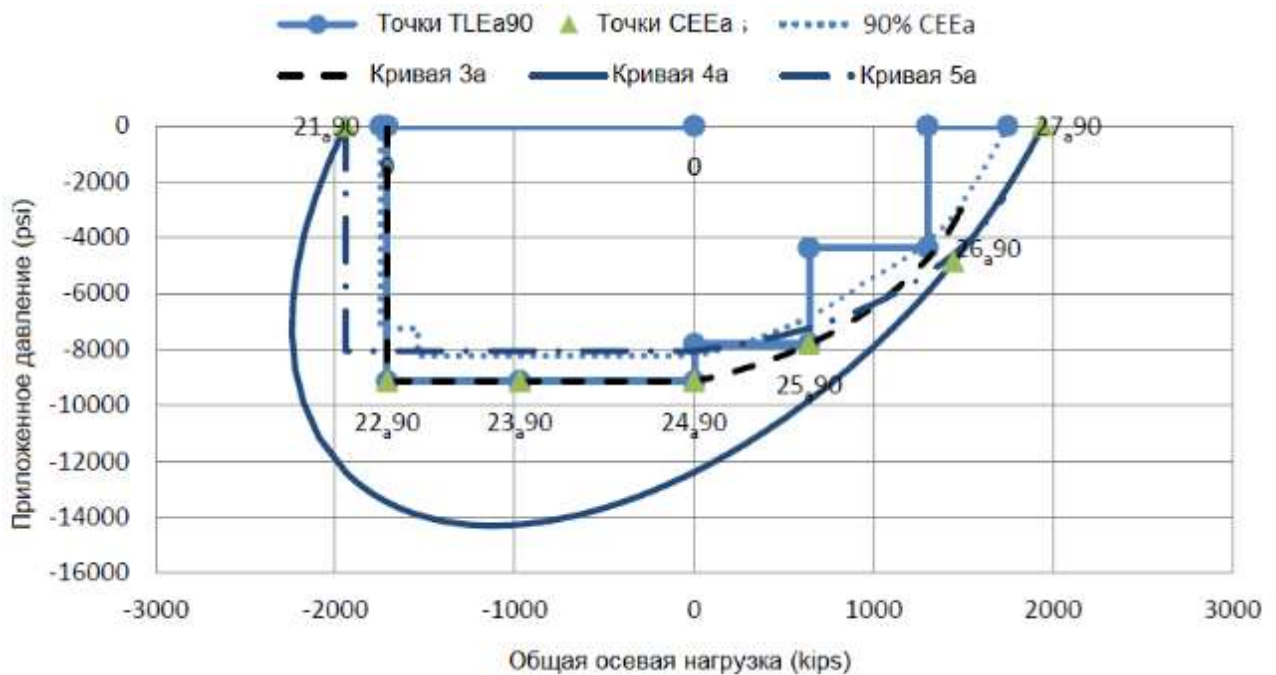


Рисунок ДА.Д.31 – A^a 90 % (QIII, QIV) и A^a 90 % (QIV, QIII), TS-A этапы нагружения 149 –

Т а б л и ц а ДА.D.38 – TS-A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QIII, QIV) и (QIV, QIII)

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 90 % (QIII, QIV) и A ^a 90 % (QIV, QIII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды									
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление	
149	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 90 %)	
150	21a90	- 1748	0	- 1748	0		2		
151	Переход	- 1710	0	- 1710	0		-		
152	22a90	- 1710	0	- 1710	- 9140		60		
153	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
154	23a90	- 971	0	- 971	- 9140		10		
155	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
156	24a90	0	0	0	- 9140		10		
157	Переход	0	0	0	- 7811		-		
158	25a90	641	0	641	- 7811		10		
159	Переход	641	0	641	- 4373		-		
160	26a90	1301	0	1301	- 4373		10		
161	Переход	1301	0	1301	0		-		
162	27a90	1748	0	1748	0		2		
163	Переход	1301	0	1301	0		-		
164	26a90	1301	0	1301	- 4373		10		
165	Переход	641	0	641	- 4373		-		
166	25a90	641	0	641	- 7811		10		
167	Переход	0	0	0	- 7811		-		
168	24a90	0	0	0	- 9140		60		
169	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
170	23a90	- 971	0	- 971	- 9140		10		
171	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
172	22a90	- 1710	0	- 1710	- 9140		10		
173	Переход	- 1710	0	- 1710	0		-		
174	21a90	- 1748	0	- 1748	0		2		
175	0	0	0	0	0		-		
Конец A ^a 90 % (QIII, QIV) и A ^a 90 % (QIV, QIII) Переход от испытаний, проводимых под внутренним давлением, к испытаниям, проводимым под наружным давлением									

ДА.D.6.4.8 TS-A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QII, QI)

Как показано на рисунке ДА.D.32 и в таблице ДА.D.39, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под внутренним давлением. Серия точек приложения нагрузки QI/QII осуществляется в направлении CW для возможности оценки зависимости траектории нагружения при уровне 90 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Настоящее испытание может быть выполнено при установленной камере наружного давления, а оценка герметичности осуществляется при помощи метода выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из

методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7. Успешное завершение каждого испытания в конце данного цикла испытаний демонстрирует соответствие испытательного образца для CAL IV при уровне 90 %.

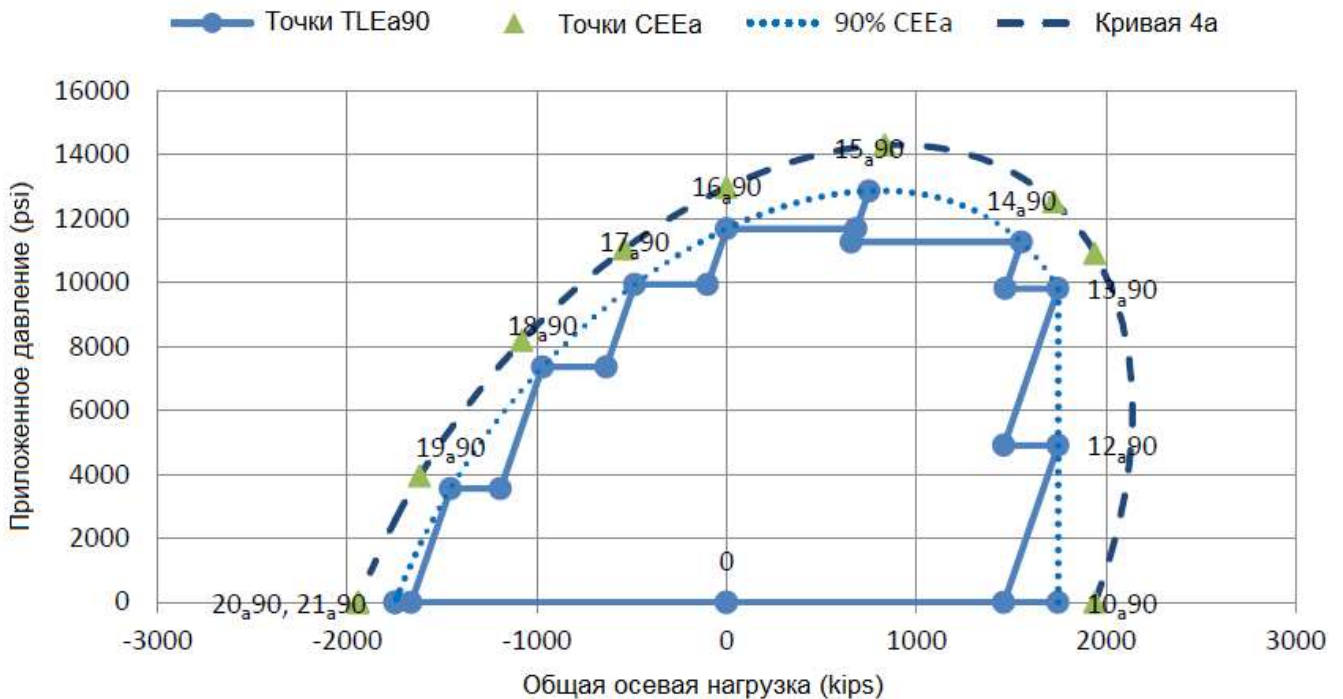


Рисунок ДА.D.32 – А^а 90 % (QI, QII), TS-A этапы нагружения 176 – 198

Т а б л и ц а ДА.D.39 – TS-A уровень 90 % при температуре окружающей среды (QII, QI)

Продолжение CAL IV TS-A с А ^а 90 % (QI, QII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
176	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	По часовой стрелке (уровень 90 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.19 и рисунок ДА.D.32
177	21a90	- 1748	0	- 1748	0		2	
178	Переход	- 1748	0	- 1748	0		-	
179	20a90	- 1748	0	- 1748	0		2 ^a	
180	Переход	- 1664	0	- 1664	0		-	
181	19a90	- 1456	207	- 1664	3554		10	
182	Переход	- 1193	207	- 1400	3554		-	
183	18a90	- 971	429	- 1400	7363		60	
184	Переход	- 636	429	- 1065	7363		-	
185	17a90	- 485	580	- 1065	9942		10	
186	Переход	- 102	580	- 681	9942		-	
187	16a90	0	681	- 681	11683		10	
188	Переход	681	681	0	11683		-	
189	15a90	750	750	0	12866		10	
190	Переход	657	657	0	11267		-	
191	14a90	1553	657	896	11267		60	

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 90 % (QI, QII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
192	Переход	1469	572	896	9815	Окружающей среды	-	По часовой стрелке (уровень 90 %)
193	13а90	1748	572	1175	9815		10	
194	Переход	1461	286	1175	4908		-	
195	12а90	1748	286	1461	4908		10	
196	Переход	1461	0	1461	0		-	
197	10а90	1748	0	1748	0		2	
198	0	0	0	0	0		-	
Конец TS-A уровень 90 %								
^a Т.к. в данной точке приложения нагрузки давление отсутствует, время выдержки было уменьшено с 10 мин до 2 мин.								

ДА.Д.6.4.9 TS-A уровень 95 % при температуре окружающей среды (QI, QII)

Для демонстрации характеристик резьбовых соединений при уровне 95 %, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под внутренним давлением, как показано на рисунке ДА.Д.33 и в таблице ДА.Д.40. Серия точек приложения нагрузки QI/QII выполняется в направлении против часовой стрелки при уровне 95 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Настоящее испытание может быть выполнено при установленной камере наружного давления, а оценка герметичности осуществляется при помощи метода выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

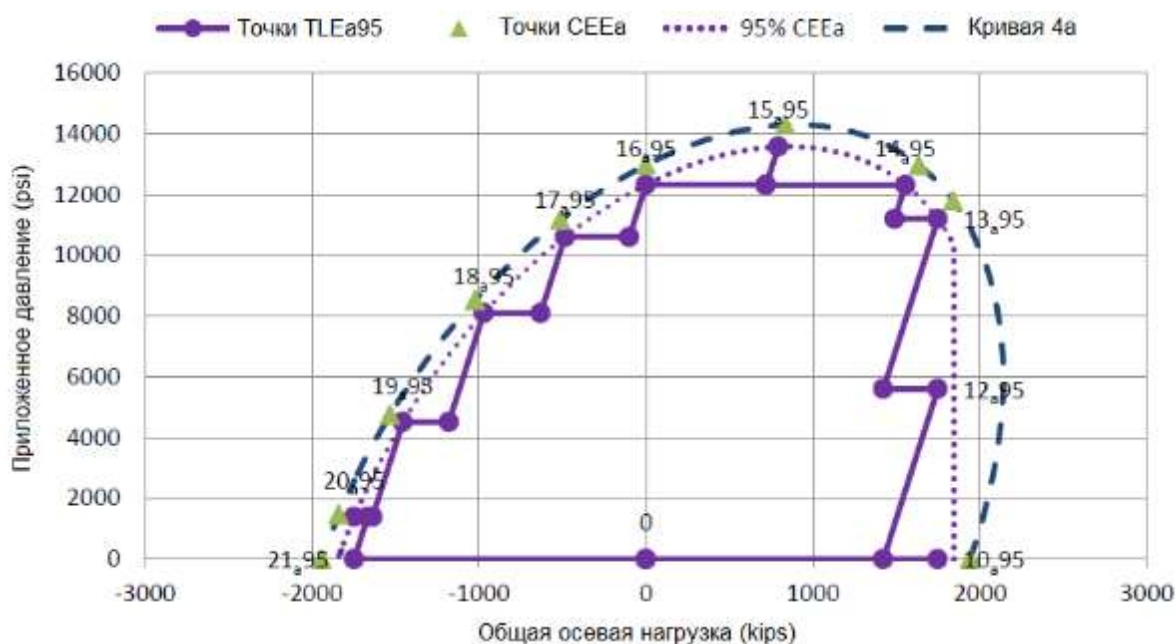


Рисунок ДА.Д.33 – A^a 95 % (QI, QII), TS-A этапы нагружения 199 – 221

Т а б л и ц а ДА.Д.40 – TS-A уровень 95 % при температуре окружающей среды (QI, QII)

Продолжение TS-A с A ^a 95 % (QI, QII)								
Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
199	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 95 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.16 и рисунок ДА.Д.33
200	10a95	1748	0	1748	0		2	
201	Переход	1421	0	1421	0		-	
202	12a95	1748	327	1421	5603		10	
203	Переход	1421	327	1094	5603		-	
204	13a95	1748	654	1094	11206		10	
205	Переход	1489	654	835	11206		-	
206	14a95	1553	718	835	12316		10	
207	Переход	718	718	0	12316		-	
208	15a95	792	792	0	13581		10	
209	Переход	719	719	0	12332		-	
210	16a95	0	719	- 719	12332		60	
211	Переход	- 100	619	- 719	10612		-	
212	17a95	- 485	619	- 1104	10612		10	
213	Переход	- 631	473	- 1104	8108		-	
214	18a95	- 971	473	- 1444	8108		10	
215	Переход	- 1181	263	- 1444	4513		-	
216	19a95	- 1456	263	- 1720	4513		10	
217	Переход	- 1638	81	- 1720	1391		-	
218	20a95	- 1748	81	- 1829	1391		10	
219	Переход	- 1667	81	- 1748	1391		-	
220	21a95	- 1748	0	- 1748	0		2	
221	0	0	0	0	0	-		
Конец A ^a 95 % (QI, QII)								
Переход от испытаний, проводимых под внутренним давлением, к испытаниям, проводимым под наружным давлением								

ДА.Д.6.4.10 TS-A уровень 95 % при температуре окружающей среды (QIII, QIV) & (QIV, QIII)

Как показано на рисунке ДА.Д.34 и в таблице ДА.Д.41, испытание CAL IV TS-A продолжается испытанием под наружным давлением. Серия точек приложения нагрузки QIII/QIV осуществляется сначала в направлении против часовой стрелки, а затем в направлении по часовой стрелке (для оценки зависимости траектории нагружения) при уровне 95 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Оценка герметичности должна проводиться при помощи метода выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14).

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)

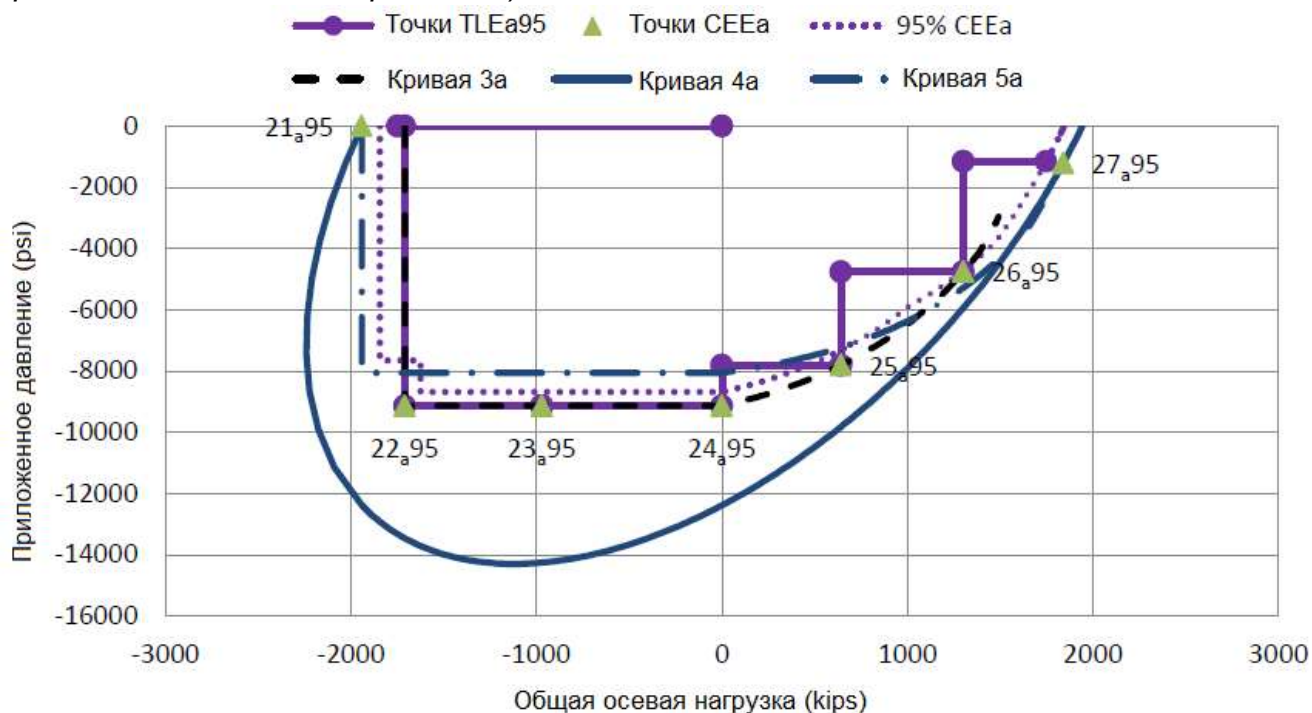


Рисунок ДА.D.34 – A^a 95 % (QIII, QIV) и A^a 95 % (QIV, QIII), TS-A этапы нагружения 222 – 248

Т а б л и ц а ДА.D.41 – TS-A уровень 95 % при температуре окружающей среды (QIII, QIV) и (QIV, QIII)

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 95 % (QIII, QIV) и A ^a 95 % (QIV, QIII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды									
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление	
222	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	Против часовой стрелки (уровень 95 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.16 и рисунок ДА.D.34	
223	21a95	- 1748	0	- 1748	0		2		
224	Переход	- 1710	0	- 1710	0		-		
225	22a95	- 1710	0	- 1710	- 9140		60		
226	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
227	23a95	- 971	0	- 971	- 9140		10		
228	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
229	24a95	0	0	0	- 9140		10		
230	Переход	0	0	0	- 7811		-		
231	25a95	641	0	641	- 7811		10		
232	Переход	641	0	641	- 4755		-		
233	26a95	1301	0	1301	- 4755		10		
234	Переход	1301	0	1301	- 1154		-		
235	27a95	1748	0	1748	- 1154		2		
236	Переход	1301	0	1301	- 1154		-		
237	26a95	1301	0	1301	- 4755		10		По часовой стрелке (уровень 95 %)
238	Переход	641	0	641	- 4755		-		
239	25a95	641	0	641	- 7811		10		См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.16 и рисунок ДА.D.34
240	Переход	0	0	0	- 7811		-		
241	24a95	0	0	0	- 9140		60		

Окончание таблицы ДА.Д.41

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 95 % (QIII, QIV) и A ^a 95 % (QIV, QIII) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды									
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	CEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление	
242	Переход	- 971	0	- 971	- 9140	Окружающей среды	-	По часовой стрелке (уровень 95 %)	
243	23a95	- 971	0	- 971	- 9140		10		
244	Переход	- 971	0	- 971	- 9140		-		
245	22a95	- 1710	0	- 1710	- 9140		10		См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.Д.16 и рисунок ДА.Д.34
246	Переход	- 1710	0	- 1710	0		-		
247	21a95	- 1748	0	- 1748	0		2		
248	0	0	0	0	0		-		
Конец A ^a 95 % (QIII, QIV) и A ^a 95 % (QIV, QIII) Переход от испытаний, проводимых под наружным давлением, к испытаниям, проводимым под внутренним давлением									

ДА.Д.6.4.11 TS-A уровень 95 % при температуре окружающей среды (QII, QI)

Как показано на рисунке ДА.Д.35 и в таблице ДА.Д.42, испытание CAL IV TS-A заканчивается испытанием под внутренним давлением. Серия точек приложения нагрузки QI/QII выполняется в направлении по часовой стрелке, что позволяет оценить зависимость траектории нагружения при уровне 95 %. Большинство точек выдержки требуют оценки герметичности. Настоящее испытание может быть выполнено при установленной камере наружного давления, а оценка герметичности проводится при помощи метода выявления утечек при наружном давлении (см. ДА.5.8.1 и рисунок ДА.14). Однако камера наружного давления может быть удалена, чтобы можно было использовать один из методов выявления утечки, описанных в ДА.5.7.

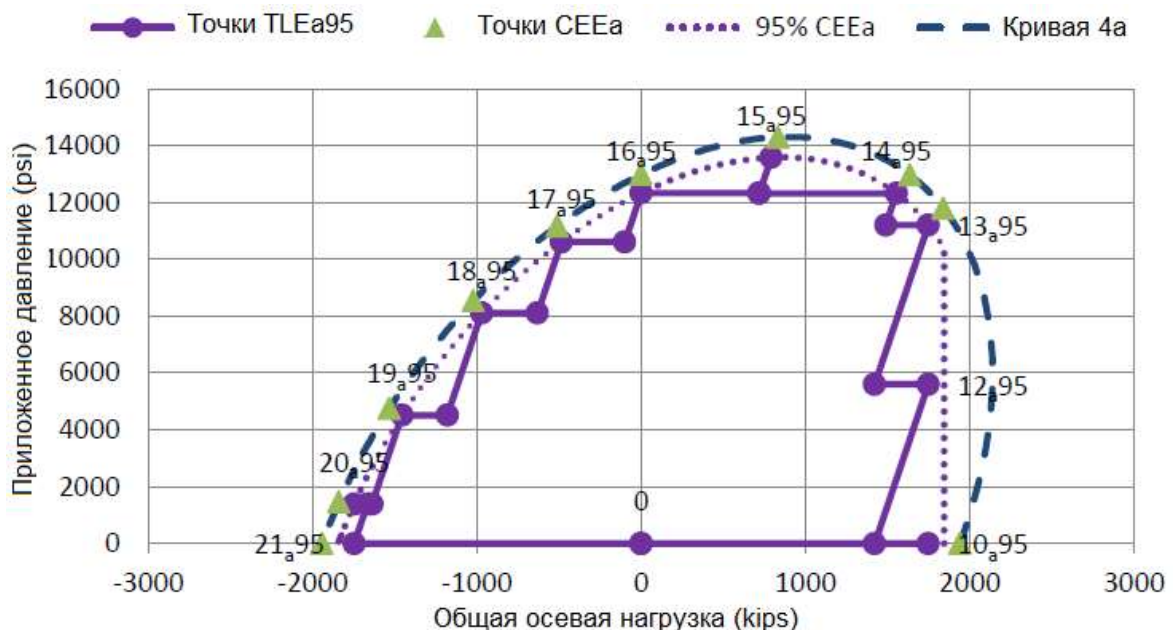


Рисунок ДА.Д.35 – A^a 95 % (QI, QII), TS-A этапы нагружения 249 – 271

Продолжение CAL IV TS-A с A ^a 95 % (QII, QI) Система выявления утечек для TS-A при температуре окружающей среды								
Этап нагружения	Точка приложения нагрузки LP	Общая нагрузка, kips	SEPL, kips	Осевое усилие, kips	Давление, psi	Температура, °F	Время выдержки, мин	Направление
249	0	0	0	0	0	Окружающей среды	-	По часовой стрелке (уровень 95 %) См. таблицу ДА.9, таблицу ДА.D.16 и рисунок ДА.D.35
250	21a95	- 1748	0	- 1748	0		2	
251	Переход	- 1667	81	- 1748	1391		-	
252	20a95	- 1748	81	- 1829	1391		10	
253	Переход	- 1638	81	- 1720	1391		-	
254	19a95	- 1456	263	- 1720	4513		10	
255	Переход	- 1181	263	- 1444	4513		-	
256	18a95	- 971	473	- 1444	8108		60	
257	Переход	- 631	473	- 1104	8108		-	
258	17a95	- 485	619	- 1104	10612		10	
259	Переход	- 100	619	- 719	10612		-	
260	16a95	0	719	- 719	12332		10	
261	Переход	719	719	0	12332		-	
262	15a95	792	792	0	13581		10	
263	Переход	718	718	0	12316		-	
264	14a95	1553	718	835	12316		60	
265	Переход	1489	654	835	11206		-	
266	13a95	1748	654	1094	11206		10	
267	Переход	1421	327	1094	5603		-	
268	12a95	1748	327	1421	5603		10	
269	Переход	1421	0	1421	0		-	
270	10a95	1748	0	1748	0	2		
271	0	0	0	0	0	-		

Конец CAL IV TS-A

ДА.D.7 Прочие примеры**ДА.D.7.1 Общие положения**

В следующих разделах представлены дополнительные примеры с расчетом эталонных границ тела трубы испытательного образца, точек СЕЕ и точек приложения нагрузки TLE, основанных на различных параметрах трубы и резьбового соединения для выделения конкретных ситуаций, которые могут возникнуть.

ДА.D.7.2 Общее соединение с резьбой и муфтой T&C 5 1/2 дюйма 35,30 фунтов группа прочности T-95**ДА.D.7.2.1 Общие положения**

В настоящем разделе приведены исходные данные по входным параметрам для построения эталонных границ испытательного образца тела трубы, СЕЕ и точек СЕЕ, а также TLE и точек приложения нагрузки TLE для условного резьбового соединения с резьбой и муфтой T&C 5 1/2 дюйма, 35,30 фунтов, группа прочности T-95, при температуре окружающей среды. В данном примере использована номинальная величина смятия по API. Предполагается, что рассматриваемое резьбовое соединение является общим соединением с резьбой и муфтой T&C с внутренним уплотнением металл-металл и с

запечником для передачи крутящего момента.

ДА.D.7.2.2 Эталонные границы испытательного образца тела трубы

Эталонные границы тела трубы при температуре окружающей среды рассчитываются в соответствии с ДА.D.4 на основе параметров тела трубы, приведенных в таблице ДА.D.43. Полученные эталонные границы показаны на рисунке ДА.D.36.

Т а б л и ц а ДА.D.43 — Пример параметров тела трубы, используемых для вычисления эталонных границ при температуре окружающей среды

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a
51/2 дюйма	0,687 дюйма	95000 psi	5,541 дюймов	0,632 дюйма	0,680 дюйма	102500 psi

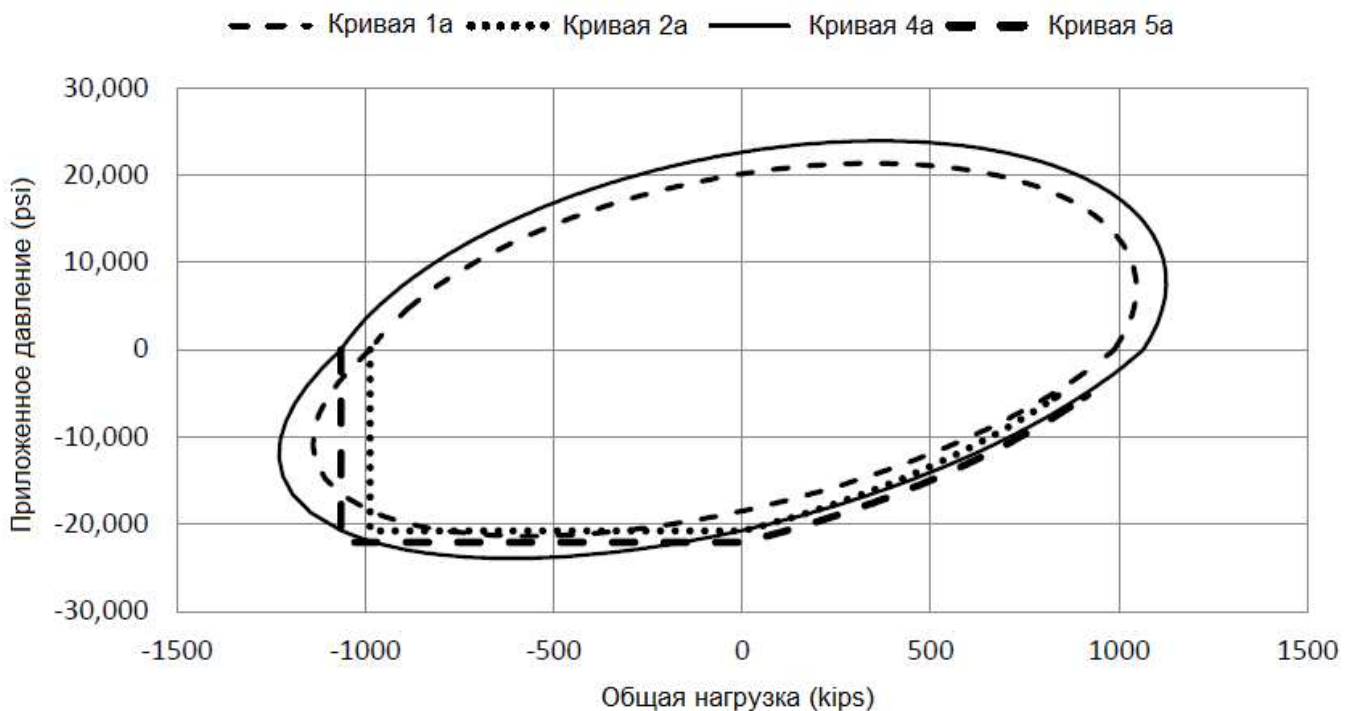


Рисунок ДА.D.36 – Эталонные границы тела трубы испытательного образца (кривые 1^a, 2^a, 4^a и 5^a)

Касательно рисунка ДА.D.36, кривые номинального смятия по API и фактического смятия по API (кривые 2^a и 5^a) превышают 100 % VME в некоторых областях диаграммы. Этот риск чаще всего возникает для труб, использующих уравнение давления смятия по пределу текучести (35) ISO 10400. Следует соблюдать осторожность для обеспечения того, чтобы точки приложения нагрузки не превысили заданный процент выхода VME.

ДА.D.7.2.3 CEE^a и TLE^a

При разработке CEE, условный изготовитель ограничил сжатие вертикальным сечением в QII и QIII для предотвращения получения плеча крутящего момента. Основываясь на фактических размерах резьбового соединения и пределе текучести материала, сжатие ограничивается 60 % заявленной прочности образца резьбового

соединения при сжимающей нагрузке (F_c); однако прочность растяжения оставалась 100 % от заявленной прочности образца резьбового соединения при растягивающей нагрузке (F_t).

Поэтому для данного примера:

$$- CEE^a t = A_p \times AMYS^a = 10,3845 \times 102500/1000 = 1064 \text{ kips};$$

$$- CEE^a c = -60 \% \times A_p \times AMYS^a = -60 \% \times 10,3845 \times 102500 = -639 \text{ kips}.$$

Для внутреннего давления (p_i), CEE^a определен как 100 % кривой фактического VME испытательного образца тела трубы (кривая 4^a) при нагружении между $CEE^a c$ и $CEE^a t$. Для наружного давления (p_o) CEE было определено как 100 % от меньшего из кривой фактического VME испытательного образца тела трубы (кривая 4^a) и кривой фактического смятия по API (кривая 5^a) при нагружении между $CEE^a c$ и $CEE^a t$. Поскольку точки CEE основаны на фактических размерах резьбового соединения и пределе текучести материала, для точек приложения нагрузки TLE^a использовалось двухосное масштабирование. Таблица ДА.D.44 суммирует полученные точки CEE^a и точки приложения нагрузки TLE^a при температуре окружающей среды, а рисунок ДА.D.37 отображает точки CEE^a и TLE^a .

Т а б л и ц а ДА.D.44 – Точки CEE^a и точки приложения нагрузки TLE^a

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (CEE)		Диапазон испытательных нагрузок (TLE)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
1a80	1064	14715	713	0
2a80	не применяется	не применяется	713	3995
3a80	не применяется	не применяется	713	7989
4a80	891	19973	713	15978
5a80	328	23905	263	19124
6a80	0	22619	0	18095
7a80	- 399	18390	- 319	14712
8a80	не применяется	не применяется	- 319	7356
9a80	- 639	0	- 319	0
10a95	1064	14715	958	0
11a95	не применяется	не применяется	958	4043
12a95	не применяется	не применяется	958	8085

Окончание таблицы ДА.Д.44

Точка приложения нагрузки	Диапазон оценки резьбового соединения (СЕЕ)		Диапазон испытательных нагрузок (ТЛЕ)	
	Осевая точка F_a , kips	Точка давления p_i или p_o , psi	Осевая нагрузка F_a , kips	Нагрузка под давлением p_i или p_o , psi
13a95	1008	17021	958	16170
14a95	896	19878	852	18884
15a95	328	23905	312	22710
16a95	0	22619	0	21488
17a95	- 168	21204	- 160	20144
18a95	- 336	19264	- 319	18300
19a95	- 504	16738	- 479	15901
20a95	- 605	14891	- 575	14147
21a95	- 639	0	- 575	0
22a95	- 605	- 23919	- 575	- 20967
23a95	- 336	- 23196	- 319	- 20967
24a95	0	- 20715	0	- 19679
25a95	370	- 16158	351	- 15350
26a95	751	- 9098	713	- 8643
27a95	1008	- 2031	958	- 1929
10a90	1064	0	958	0
11a90	1064	14715	958	3311
12a90	1064	14715	958	6622
13a90	1064	14715	958	13243
14a90	946	18793	852	16914
15a90	328	23905	295	21514
16a90	0	22619	0	20357
17a90	- 177	21110	- 160	18999
18a90	- 355	19013	- 319	17112
19a90	- 532	16252	- 479	14627
20a90	- 639	14211	- 575	12790
21a90	- 639	0	- 575	0
22a90	- 639	- 23914	- 575	- 20768
23a90	- 355	- 23286	- 319	- 20768
24a90	0	- 20715	0	- 18644
25a90	390	- 15845	351	- 14261
26a90	792	- 8125	713	- 7312
27a90	1064	0	958	0
28a90	не применяется	не применяется	619	0
29a90	не применяется	не применяется	666	3383
30a90	не применяется	не применяется	263	16914
31a90	не применяется	не применяется	77	3383

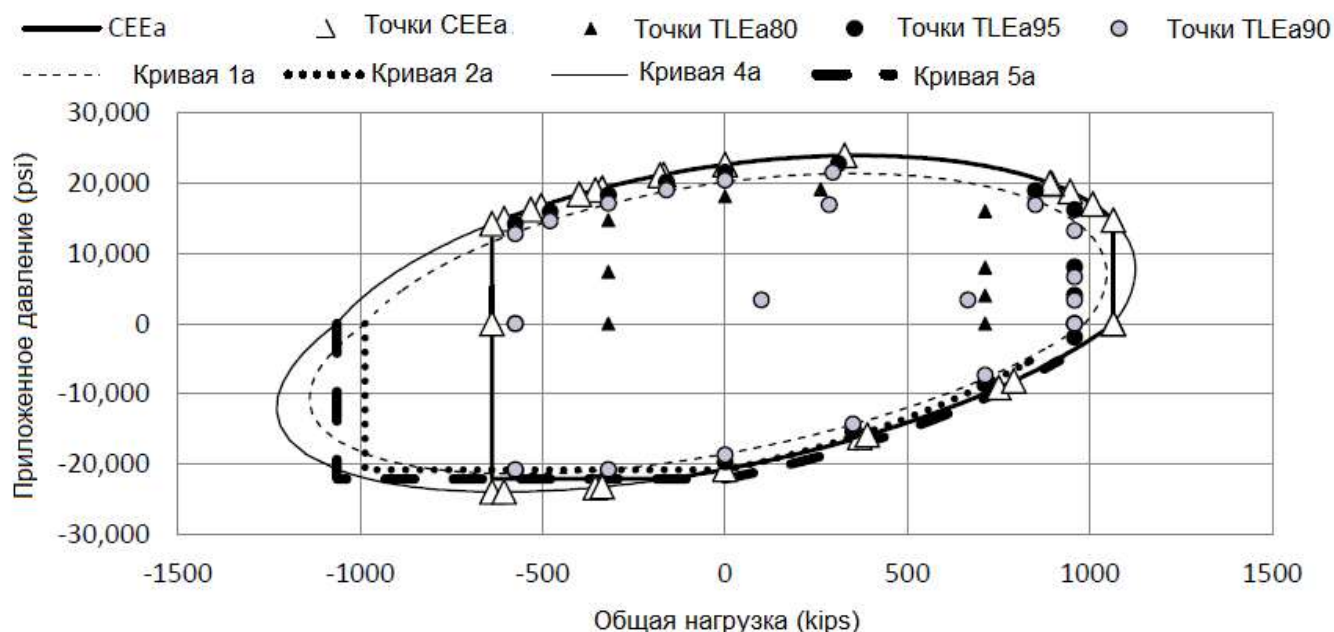


Рисунок ДА.Д.37 – Точки СЕЕ^а и точки приложения нагрузки ТЛЕ^а

ДА.Д.7.3 Общее равнопроходное соединение 18 5/8 дюймов 87,50 фунтов группы прочности L-80

ДА.Д.7.3.1 Общие положения

В настоящем разделе приведены исходные данные для построения эталонных границ испытательного образца тела трубы, СЕЕ и точек СЕЕ, ТЛЕ и точек приложения нагрузки ТЛЕ для условного равнопроходного соединения 18 5/8 дюймов 87,50 фунта группы прочности L-80 при температуре окружающей среды. В данном примере использована номинальная величина смятия по API. Предполагается, что рассматриваемое резьбовое соединение является общим равнопроходным соединением с внутренним уплотнением металл-металл и с заплечиком для передачи крутящего момента.

ДА.Д.7.3.2 Эталонные границы испытательного образца тела трубы

Эталонные границы тела трубы при температуре окружающей среды рассчитываются в соответствии с ДА.Д.2 на основе параметров тела трубы, приведенных в таблице ДА.Д.45. Полученные эталонные границы показаны на рисунке ДА.Д.38.

Т а б л и ц а ДА.Д.45 — Пример параметров тела трубы, используемых для вычисления эталонных границ при температуре окружающей среды

Номинальный наружный диаметр	Номинальная толщина стенки	SMYS	D_{avg}	t_{min}	t_{avg}	AMYS ^a
18,625 дюйма	0,435 дюйма	80000 psi	18,765 дюймов	0,400 дюйма	0,432 дюйма	87500 psi

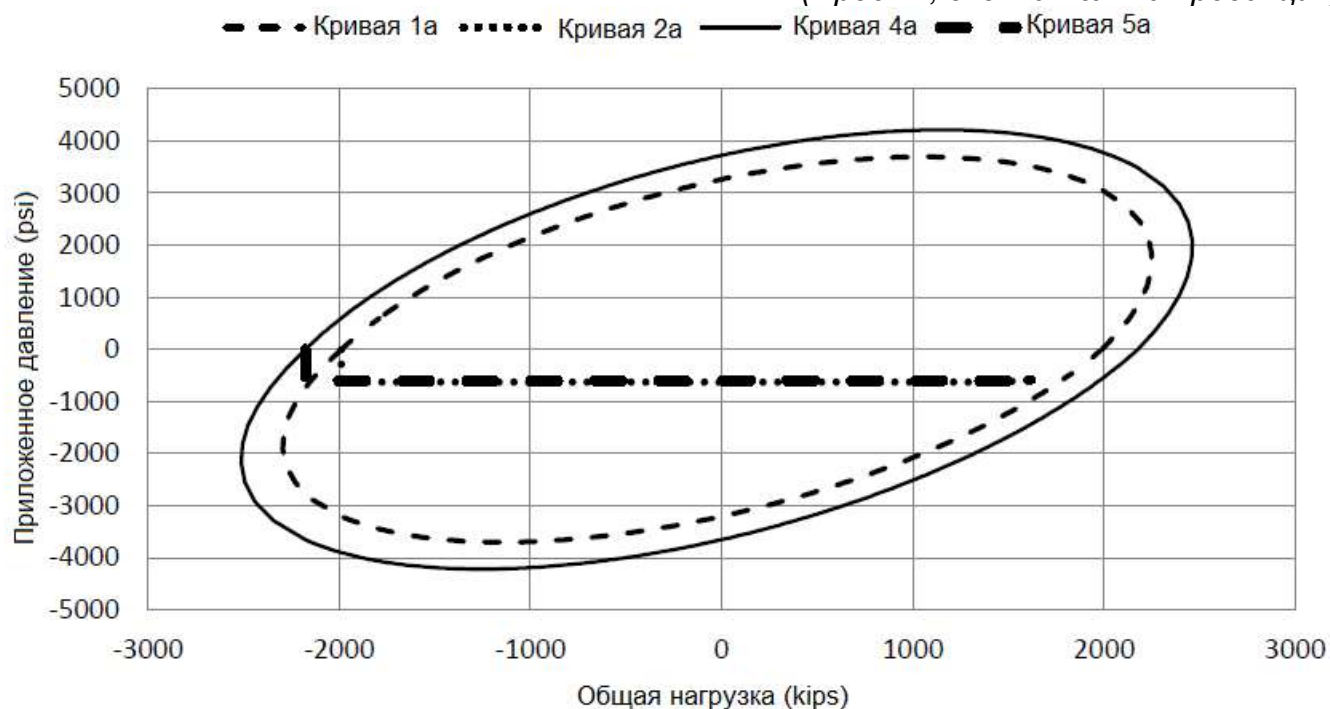


Рисунок ДА.Д.38 – Эталонные границы испытательного образца тела трубы (кривые 1^а, 2^а, 4^а и 5^а)

ДА.Д.7.3.3 СЕЕ^а и TLE^а

В связи с тем, что условное равнопроходное резьбовое соединение зачищено под толщину стенки тела трубы, резьбовое соединение эффективно не на 100 % по отношению к телу трубы. Номинальные характеристики резьбового соединения основаны на минимальных эксплуатационных характеристиках труб API в ISO 10400. Изготовитель предоставляет номинальное растяжение, сжатие, внутреннее и наружное давление резьбовых соединений на основе размеров трубы и предела текучести, используемых для определения кривых номинального VME и номинального смятия по API (кривая 1^а и кривая 2^а), приведенных в таблице ДА.Д.46.

Т а б л и ц а ДА.Д.46 – Номинальные СЕЕ

Относительные величины	Одноосное растяжение	Одноосное сжатие	Одноосное внутреннее давление	Одноосное наружное давление
Точка СЕЕ	10a90	21a90	6a80, 16a90, 16a95	24a90, 24a95
Номинальная труба	1989 kips	- 1989 kips	3266 psi	- 627 psi
Номинальное соединение	1233 kips	- 756 kips	3266 psi	- 627 psi
Номинальная производительность	62 %	38 %	100 %	100 %

Однако условный изготовитель предусмотрел, что фактические характеристики резьбового соединения зависят от фактических размеров резьбового соединения и прочности материала. Некоторые возможные расчеты включают следующее:

- а) фактическое среднее значение наружного диаметра трубы больше

номинального наружного диаметра трубы. В результате муфта может быть толще, чем по номинальным расчетам, что может изменить фактическое значение растяжения муфты;

b) средний внутренний диаметр трубы больше номинального внутреннего диаметра трубы. В результате ниппельный конец мог быть тоньше, чем по номинальным расчетам, что может изменить фактическое значение растяжения ниппельного конца;

c) среднее значение наружного диаметра трубы больше номинального наружного диаметра трубы. В результате внешний крутящий момент может быть больше, чем по номинальным расчетам, конструкции, что может изменить фактическую степень смятия;

d) вводные параметры прочности и предела текучести для фактической трубы приводят к изменению номинального давления в трубе; однако размерные факторы не влияют таким же образом на номинальные параметры соединений, что может привести к изменению фактического номинального внутреннего давления и фактического номинального наружного давления по отношению к фактическому образцу.

После рассмотрения фактических размеров резьбовых соединений, усилие растяжения было снижено до 60 % от заявленной прочности тела трубы при растягивающей нагрузке (F_t); однако, коэффициент сжатия был увеличен до 40 % от заявленной прочности испытательного образца тела трубы при сжимающей нагрузке (F_c). Ни сила внутреннего давления, ни сила наружного давления линейно не зависят от фактической прочности испытательного образца тела трубы. Для заказчика была раскрыта зависимость расчета силы внутреннего давления и силы наружного давления на основе фактических размеров трубы; однако, методология разработки этих расчетов находится за пределами области применения настоящего стандарта. В результате, во избежание путаницы формулы в настоящем стандарте не приведены. Условные точки СЕЕ, относящиеся к номинальным величинам резьбовых соединений, суммированы в таблице ДА.Д.47, а на рисунке ДА.Д.39 приведена полная диаграмма СЕЕ.

Т а б л и ц а ДА.Д.47 – Фактические СЕЕ^а

Относительные величины	Одноосное растяжение	Одноосное сжатие	Одноосное внутреннее давление	Одноосное наружное давление
Точки СЕЕ	10a90	21a90	6a80, 16a90, 16a95	24a90, 24a95
Фактическая труба	2177 kips	- 2177 kips	3726 psi	- 600 psi
Фактическое соединение	1306 kips	- 871 kips	3572 psi	- 627 psi
Фактическая эффективность	60 %	40 %	96 %	105 %

Примечание – Фактическое смятие образца по API (600 psi) меньше номинального смятия по API (627 psi) – данная вероятность встречается чаще для труб, использующих уравнения давления упругого смятия ISO 10400.

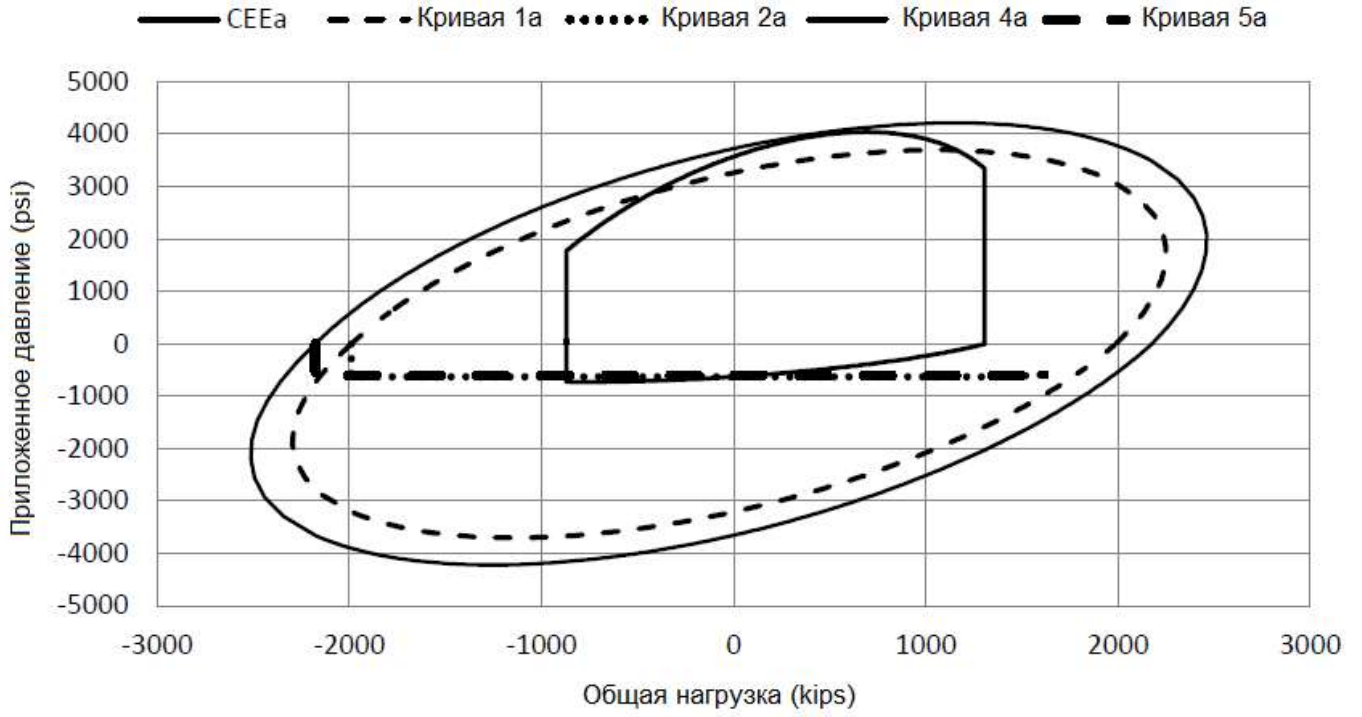


Рисунок ДА.Д.39 – СЕЕ^а испытательного образца

Приложение ДА.Е

(справочное)

Определение интервала нагрузок, создаваемых нагрузочным устройством

Пусть нагрузочное устройство на 2000 кН откалибровано в интервале от 100 до 2000 кН. В таблице ДА.Е.1 приведены средние результаты двух проходов калибровки и данные о погрешности измерений нагрузочного устройства.

Т а б л и ц а ДА.Е.1 – Типичные результаты определения интервала нагрузок, создаваемых нагрузочным устройством (от 100 до 2000 кН)

		Показание, кН	Фактическая нагрузка, кН	Погрешность измерений, кН	Погрешность измерений, %
Наладочное испытание 1	Нагружение	105,0	100,0	5,0	4,76
		201,0	200,0	1,0	0,50
		400,5	400,0	0,5	0,12
		599,0	600,0	- 1,0	- 0,17
		797,5	800,0	- 2,5	- 0,31
		999,5	1000,0	- 0,5	- 0,05
		1201,5	1200,0	1,5	0,12
		1404,0	1400,0	4,0	0,28
		1606,0	1600,0	6,0	0,37
		1797,0	1800,0	- 3,0	- 0,17
	1991,0	2000,0	- 9,0	-0,45	
	Снятие нагружения	1991,0	2000,0	- 9,0	- 0,45
		1798,0	1800,0	- 2,0	- 0,11
		1605,0	1600,0	5,0	0,31
		1403,0	1400,0	3,0	0,21
		1201,0	1200,0	1,0	0,08
		1001,0	1000,0	1,0	0,10
		799,0	800,0	- 1,0	- 0,13
		601,0	600,0	1,0	0,17
		399,0	400,0	- 1,0	- 0,25
201,0		200,0	1,0	0,50	
104,0	100,0	4,0	3,85		

Окончание таблицы ДА.Е.1

		Показание, кН	Фактическая нагрузка, кН	Погрешность измерений, кН	Погрешность измерений, %
Наладочное испытание 2	Нагружение	104,0	100,0	4,0	3,85
		202,0	200,0	2,0	0,50
		401,5	400,0	1,5	0,12
		598,0	600,0	- 2,0	- 0,17
		798,5	800,0	- 1,5	- 0,31
		999,1	1000,0	- 0,9	- 0,05
		1201,0	1200,0	1,0	0,12
		1403,0	1400,0	3,0	0,28
		1605,0	1600,0	5,0	0,37
		1798,0	1800,0	- 2,0	- 0,17
	1992,0	2000,0	- 8,0	- 0,45	
	Снятие нагружения	1992,0	2000,0	- 8,0	- 0,45
		1797,0	1800,0	- 3,0	- 0,11
		1603,0	1600,0	3,0	0,31
		1401,0	1400,0	1,0	0,21
		1204,0	1200,0	4,0	0,08
		1003,0	1000,0	3,0	0,10
		797,0	800,0	- 3,0	- 0,13
		603,0	600,0	3,0	0,17
		400,5	400,0	0,5	- 0,25
200,5		200,0	0,5	0,50	
103,0	100,0	3,0	3,85		

П р и м е ч а н и е – При нагрузке 100 кН погрешность измерений превышает ± 1 %, поэтому используемый интервал нагрузок составляет от 200 до 2000 кН.

Приложение ДА.Ф

(справочное)

Контроль номенклатуры продукции

ДА.Ф.1 Общие положения

Изготовители и заказчики при оценке качества изделий могут успешно использовать преимущества интерполяции и экстраполяции базовых эксплуатационных характеристик конструкции резьбового соединения, полностью соответствующего заданному уровню CAL настоящего стандарта, в интервале значений D , D/t , групп прочности и т.п. Признано, что полномасштабные стендовые испытания резьбовых соединений каждого диаметра, массы и группы прочности практически неосуществимы, и в них нет необходимости. Кроме того, у заказчиков могут быть разные внутренние нормативные документы, позволяющие выполнять контроль линейки продукции; поэтому важно, чтобы компания по проектированию резьбы достигла соглашения с заказчиком до начала контроля группы изделий. Из-за ограничений, касающихся соотношений стойкости к утечкам и свойств резьбовых смазок, недостаточно при аттестации резьбовых соединений полагаться только на расчет, например, методом конечных элементов FEA.

Согласно настоящему приложению рекомендуется проведение испытаний путем оценки большой группы размеров, массы и группы прочности одной конструкции резьбового соединения, посредством комбинирования испытаний указанного количества резьбовых соединений по конкретным требованиям CAL, и испытания укороченных образцов с использованием анализа, обеспечивающего стабильный контроль работоспособности и доверие к надежности тех резьбовых соединений, которые не испытывались.

ДА.Ф.2 Аттестация номенклатуры продукции

ДА.Ф.2.1 Принцип

Номенклатура продукции включает набор изделий, спроектированных по общим критериям. Общий перечень критериев приведен в ДА.Ф.3. Аттестация номенклатуры продукции может охватывать весь интервал размеров и массы изделий или может быть ограничена только изделиями для обсадных и (или) насосно-компрессорных труб.

На рисунках ДА.Ф.1 и ДА.Ф.2 схематично приведены два примера графического представления номенклатуры продукции.

Полномасштабные испытания для шести сочетаний размер/масса с выбранным CAL и использованием процедур, описанным в настоящем стандарте, приведены на рисунках

ДА.Ф.1 (пронумерованные круги) и ДА.Ф.2 (заполненные круги). Полномасштабные стендовые испытания должны проводиться на толстостенных и облегченных трубах, а также на критических размерах, с использованием высокопрочных материалов (например, групп прочности P110 или Q125 по ISO 11960) для обеспечения высокого внутреннего давления в точках 1, 2, 3, 4, 5 и 6. Дополнительно к полномасштабному испытанию, для проверки характеристик резьбового соединения на материалах с низким пределом текучести (например, группы прочности L80 по ISO 11960) должны быть выполнены испытания на укороченных образцах в точках 1, 3 и 5 на рисунке ДА.Ф.1.

ДА.Ф.2.2 Экстраполяция/интерполяция

На рисунке ДА.Ф.1 результаты полностью испытанных резьбовых соединений (пронумерованные круги) обобщают сочетание размер/масса, подтвержденных с помощью испытаний на укороченном образце или анализа (открытые круги с зачеркиванием). Области интерполяции ограничены полномасштабными испытываемыми сочетаниями размер/масса резьбовых соединений, которые подтверждаются при помощи аналитической проверки или испытания укороченного образца, и прямыми линиями между полномасштабными контрольными точками. Заказчик может потребовать проведение дополнительного испытания или анализа резьбовых соединений в зоне интерполяции, обозначенной незаштрихованным кругом. Любые сочетания размер/масса, которые соответствуют критериям конструкции и которые находятся в указанной пограничной области, могут считаться проверенными с помощью контроля номенклатуры продукции.

На рисунке ДА.Ф.2 результаты полностью испытанных резьбовых соединений (закрашенные круги) обобщают сочетание размер/масса, подтвержденных с помощью испытаний на укороченном образце (незаштрихованный круг с цифрой «1» посередине). Резьбовые соединения, обозначенные треугольником, по выбору заказчика могут требовать или не требовать каких-либо испытаний или анализа. Резьбовые соединения, обозначенные незаштрихованным кругом с цифрой «2» посередине, указывают на возможность испытания с двумя образцами, по отношению к исходному полному испытанию CAL для увеличения максимального рабочего давления (за счет увеличения либо группы прочности, либо толщины стенки, либо уменьшения диаметра).

TLE интерполированного резьбового соединения должен быть ограничен до самого низкого процента границы тела трубы по фон Мизесу (PBVME) или CEE, в зависимости от того, что применимо, и (или) смятием по ISO 10400 по четырем точкам в каждой интерполированной области, которые представляют собой полномасштабные испытания (заполненные круги) сочетаний размер/масса, и формируют ограниченную область удачно прошедших испытания. Номинальное давление этих сочетаний размера/массы,

расширенное путем интерполяции, не должно быть больше, чем успешно продемонстрированное давление во время полномасштабного испытания применяемых полностью испытанных резьбовых соединений, если не будет проведено дополнительное испытание, определенное заказчиком для подтверждения увеличения давления.

В каждом случае, склонность к заеданию интерполированных резьбовых соединений не должна быть более сильной, чем у исходных испытанных резьбовых соединений. В некоторых случаях, для оценки заедания при изменении химии материала может потребоваться проведение/прерывание испытания. Или, если используется обработка против заедания при замене резьбы, следует рассмотреть возможность проведения/прерывания испытания и испытания на укороченном образце.

ДА.Ф.2.3 Группы прочности

Резьбовые соединения, проверенные мартенситной нержавеющей стали (например 13Cr), будут подтверждены на углеродистой стали той же прочности и могут быть подтверждены на более низких группах прочности углеродистой стали. Обратное не всегда осуществимо. Например, резьбовое соединение, подтвержденное на L80, не будет подтверждено на 13Cr80. Причины: увеличение склонности к заеданию, различная обработка поверхности, некоторые компании при проектировании резьбы меняют предельные отклонения для своего продукта на 13Cr, и появляется различие в кривых напряжение-деформация.

Резьбовые соединения, проверенные на высоколегированных материалах (22Cr и т.д.), подтверждены на углеродистой или мартенситной нержавеющей стали той же прочности и могут быть подтверждены на более низких группах прочности. Обратное не всегда осуществимо. При изменении группы прочности материала с высоколегированных материалов на углеродистые группы прочности API, разработчикам резьбы и заказчикам предлагается, как минимум, выполнить проведение/прерывание испытания для подтверждения того, что отсутствует увеличение заедания резьбы или металлического уплотнения, поскольку вероятно, что обработка поверхности изменится.

При испытании резьбовых соединений с использованием анизотропных материалов, если резьбовое соединение подтверждено до самого высокого предела текучести материала (по сравнению с указанным пределом), тот же процент, на которое данное резьбовое соединение было протестировано, может быть применен к изотропным материалам; и если резьбовое соединение подтверждено до более низкой текучести анизотропного материала, результаты испытаний могут быть преобразованы для изотропного материала путем умножения на отношение минимального предела текучести к максимальному пределу текучести.

ДА.Ф.2.4 Размеры и масса

В таблице ДА.Ф.1 приводятся в качестве примера размеры, прошедшие полномасштабное испытание в соответствии со схемой, приведенной на рисунке ДА.Ф.1.

Для целей испытания номенклатуры продукции, резьбовое соединение 7 ¾ дюймов может считаться как резьбовое соединение специального веса в 7 5/8 дюймов; резьбовое соединение 9 7/8 дюймов можно считать как резьбовое соединение специального веса в 9 5/8 дюймов; и резьбовое соединение 13 5/8 дюймов можно считать как резьбовое соединение специального веса в 13 3/8 дюймов. Для других резьбовых соединений со специальным весом необходимо согласование компании-разработчика резьбы и заказчика.

ДА.Ф.2.5 Критерии конструирования

Компания-разработчик резьбы должна обладать документированными критериями конструирования изделий для всей заявленной номенклатуры продукции. Критерии конструирования изделий должны быть доступны заказчику. Перечень элементов конструирования приведен в ДА.Ф.3. В зонах интерполяции конструкция резьбового соединения должна быть такой же или согласованной с полномасштабным испытанным резьбовым соединением. Линейные размеры (длины, диаметры, толщины, шаг резьбы, высота резьбы, и их предельные отклонения и т.д.) должны быть одинаковыми (постоянными) или должны быть ограничены их значениями в испытанных сочетаниях размер/масса (соответственно).

Для распределения результатов испытаний по всей области экстраполяции/интерполяции, критерии конструирования должны продемонстрировать эффективность в области экстраполяции /интерполяции, соответствующую характеристикам полностью испытанных резьбовых соединений. В этом контексте согласованные характеристики означают то, что основные параметры, определяющие производительность резьбовых соединений, ограничены их значениями в полностью испытанных сочетаниях размер/масса. Эти основные параметры приведены в ДА.Ф.3, и включают напряжение и деформацию в ограниченных областях, а также минимальное напряжение поперечного сечения стенки (для коэффициента прочности), растягивающее напряжение от центробежных сил (для коэффициента разрыва), и напряжение поверхности уплотнения (для оценки утечки).

ДА.Ф.2.6 Уровни оценки соединений

Распределение результатов испытаний на область экстраполяции/интерполяции будет допустимо для самого низкого CAL, представляющего сочетание размер/масса, ограничивающие область интерполяции. Например, на рисунке ДА.Ф.1 предполагается, что

сочетания 1, 2 и 3 испытаны на CAL III, сочетание 4 испытано на CAL IV, и сочетания 5 и 6 испытаны на CAL II. Затем, область интерполяции 1 считается испытанной на CAL III, а область интерполяции 2 считается испытанной на CAL II. Как единичное сочетание размера, массы и группы прочности, сочетание 4 является полностью испытанным соединением CAL IV, и может быть рассмотрено заказчиком как испытанное соединение CAL IV.

ДА.Ф.2.7 Стендовые испытания на укороченном образце для интерполированных соединений

Стендовые испытания на укороченном образце могут быть использованы для дальнейшей демонстрации и проверки сопоставимости или направленности в производительности резьбовых соединений. Для соединения T&C, проведение/прерывание испытания на заедание должно быть выполнено на одном образце с наихудшим случаем заедания (обычно образец 3). Для испытаний на герметичность в соответствии с требованиями настоящего стандарта для выбранного CAL требуется не менее одного образца с наихудшим уплотнением.

На рисунке ДА.Ф.1 приведен пример испытаний номенклатуры продукции, показывающий резьбовые соединения, подтвержденные с помощью полномасштабных испытаний и испытаний на укороченном образце и (или) аналитическими методами, с отображением области интерполяции.

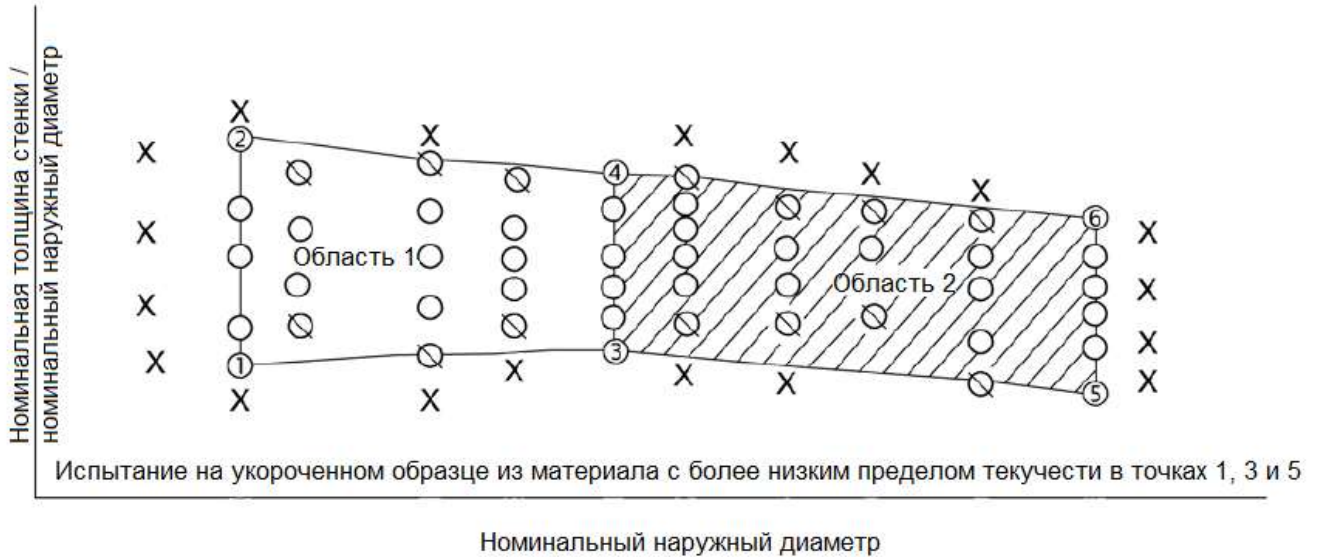


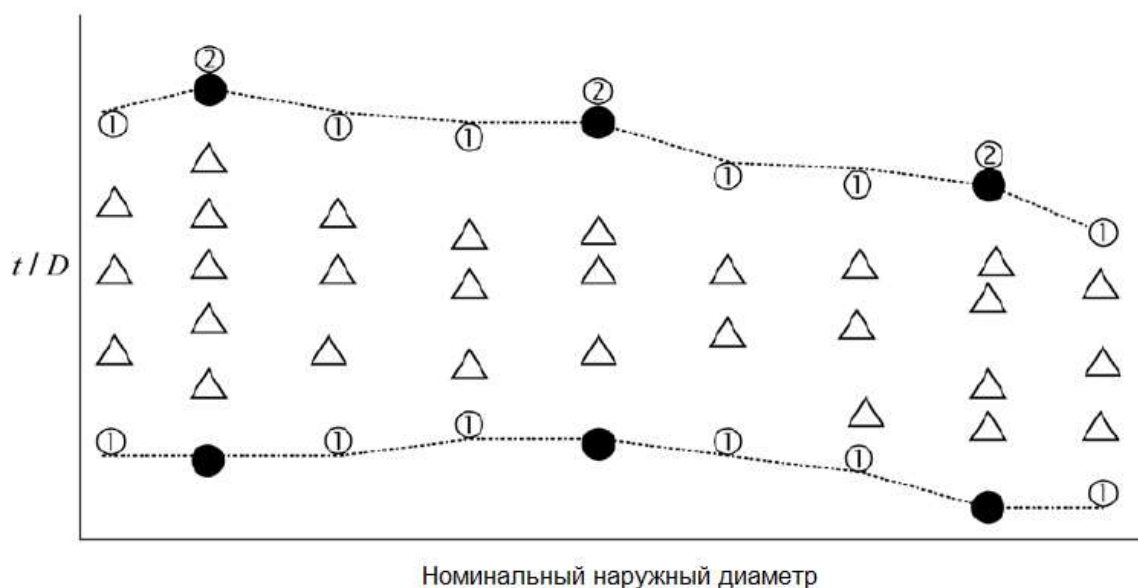
Рисунок ДА.Ф.1 – Аттестация номенклатуры продукции (пример 1)

Т а б л и ц а ДА.Ф.1 – Размеры для полномасштабных испытаний, соответствующие рисунку ДА.Ф.1

Испытываются следующие размеры		Следующий больший размер, который будет испытан	
дюймы	мм	дюймы	мм
1,050	26,7	до 1,900 включ.	до 48,3 включ.
1,315	33,4	до 2,063 включ.	до 52,4 включ.
1,660	42,2	до 2 3/8 включ.	до 60,325 включ.
1,900	48,3	до 2 7/8 включ.	до 73,0 включ.
2,063	52,4	до 3 1/2 включ.	до 88,9 включ.
2 3/8	60,3	до 4 включ.	до 101,6 включ.
2 7/8	73,0	до 4 1/2 включ.	до 114,3 включ.

ГОСТ ISO 13679 – 20
(Проект, окончательная редакция)
Окончание таблицы ДА.Ф.1

Испытываются следующие размеры		Следующий больший размер, который будет испытан	
дюймы	мм	дюймы	мм
3 1/2	88,9	до 5 1/2 включ.	до 127,0 включ.
4	101,6	до 5 1/2 включ.	до 139,7 включ.
4 1/2	114,3	до 6 5/8 включ.	до 168,3 включ.
5	127,0	до 7 включ.	до 177,8 включ.
5 1/2	139,7	до 7 5/8 или 7 3/4 включ.	до 193,7 или 196,8 включ.
6 5/8	168,3	до 8 5/8 включ.	до 219,1 включ.
7	177,8	до 9 5/8 или 9 7/8 включ.	до 244,5 или 250,8 включ.
7 5/8 или 7 3/4	193,7 или 196,8	до 10 3/4 включ.	до 273,0 включ.
8 5/8	219,1	до 11 3/4 включ.	до 298,45 включ.
9 5/8 или 9 7/8	244,5 или 250,8	до 13 3/8 или 13 5/8 включ.	до 339,7 или 346,1 включ.
10 3/4	273,0	до 13 3/8 или 13 5/8 включ.	до 339,7 или 346,1 включ.
11 3/4	298,45	до 16 включ.	до 406,4 включ.
13 3/8 или 13 5/8	339,7 или 346,1	до 18 5/8 включ.	до 473,1 включ.
16	406,4	до 20 включ.	до 508,0 включ.
18 5/8	473,1	до 20 включ.	до 508,0 включ.



- Полностью испытанное резьбовое соединение для выбранного уровня CAL; обычно данные испытания выполняются на наиболее часто используемой массе и высоком пределе текучести материала.
- ① Минимальное испытание одного образца или по согласованию с заказчиком анализ методом конечных элементов FEA, для изменения диаметра относительно исходного полномасштабного испытания CAL, без увеличения максимального эксплуатационного давления в резьбовом соединении
- ② Минимальное испытание двух образцов относительно исходного полномасштабного испытания CAL, для увеличения максимального эксплуатационного давления (вследствие увеличения группы прочности, или толщины стенки, или уменьшения наружного диаметра). Обычно выполняется только на следующей большей массе для полномасштабного испытания резьбового соединения на уровень CAL III; однако необходимы входные параметры от заказчика.
- △ По требованию заказчика (т.е. возможно отсутствие испытания, испытание на укороченном образце, или анализ методом конечных элементов FEA).

Рисунок ДА.Ф.2 – Аттестация номенклатуры продукции (пример 2)

ДА.Ф.3 Критерии разработки номенклатуры продукции

Компания-разработчик резьбы должна подготовить и предоставить заказчику заполненное приложение ДА.А, в том числе перечень номеров чертежей продукции и текущие уровни проверки, включенные в сочетание размер/масса в номенклатуре продукции. Таким образом, компания-разработчик резьбы должна предоставить номер чертежа продукции и уровень проверки, по которому каждое резьбовое соединение изначально испытывалось, и задокументировать любые соответствующие различия. Следует указывать следующие критерии по каждому размеру, массе и группе прочности в номенклатуре продукции:

а) анализ размеров основных резьбовых соединений и предельных отклонений, включает следующее:

- 1) шаг резьбы;
- 2) конусность;
- 3) высота резьбы;
- 4) профиль резьбы;
- 5) угол заплечика для передачи крутящего момента и высота;
- 6) конусность уплотнения (если углы конусности уплотнения различаются между размерами, то величина дифференциала сопротивления);
- 7) длины уплотнений (ниппельный конец и муфта);
- 8) длина ниппельного наконечника;
- 9) расстояние между торцом ниппельного наконечника до начала резьбы;
- 10) натяг резьбы/зазор в эталлонной точке (средний диаметр резьбы, ближайшее металлическое уплотнение, и на торце муфты);
- 11) влияние методики калибровки на натяг резьбы ближайшего металлического уплотнения и на торце муфты;
- 12) первичный натяг/зазор уплотнения;
- 13) вторичный натяг/зазор уплотнения;
- 14) толщина стенки ниппельного наконечника;
- 15) толщина стенки муфты при металлическом уплотнении;
- 16) наружный диаметр муфты и наружный диаметр профиля;
- 17) критические области поперечного сечения (ниппельный конец и муфта);
- 18) контактное несущее давление металлического уплотнения;
- 19) профиль контактного давления металлического уплотнения;
- 20) расстояние от ниппельного наконечника до оси уплотнительного соединения;
- 21) специальные предельные отклонения механической обработки (при

наличии);

22) обработка против заедания (ниппельный элемент и муфта);

23) крутящий момент свинчивания и скорость свинчивания;

24) резьбовые смазки (тип и количество);

25) план контроля за процессом производства/план качества (PCP/QP) с копиями применяемых документов (это должно включать приложение к PCP/QP, в котором перечислены все подуровни документов с датой выпуска и уровнем контроля, вступивший в силу на момент проведения испытаний резьбовых соединений);

26) отделка поверхности уплотнения ниппельного элемента (в состоянии после обработки);

27) отделка поверхности уплотнения раструбного элемента (в состоянии после обработки);

b) для резьбового соединения с канавкой, в которой размещено уплотнительное кольцо, включает следующее:

1) отношение канавки к диаметру эластичного уплотнения;

2) отношение канавки к ширине эластичного уплотнения;

3) отношение глубины канавки к толщине эластичного уплотнения;

4) отношение ширины канавки к шагу резьбы;

5) отношение глубины канавки к высоте резьбы муфты;

6) отношение наружного диаметра канавки к внутреннему диаметру резьбы муфты;

7) толщина стенки муфты над канавкой уплотнительного кольца;

8) натяг/зазор между внутренним диаметром уплотнительного кольца и высотой резьбы муфты;

9) расположение канавки с учетом металлического уплотнения;

10) объемный коэффициент наполнения;

11) контактное уплотнение, устойчивое к давлению (при наличии);

12) диаграмма «торнадо», показывающая влияние резьбовых элементов на наполнение эластичным уплотнением.

Приложение ДА.Г (справочное)

Испытание резьбовых соединений специального назначения

ДА.Г.1 Общие положения

Настоящий стандарт охватывает испытания резьбовых соединений, предназначенных для эксплуатации в наиболее часто встречающихся условиях. В настоящем приложении приведены указания о дополнительных испытаниях резьбовых соединений, предназначенных для эксплуатации в особых условиях, которые должны быть согласованы между изготовителем и заказчиком.

ДА.Г.2 Особые условия эксплуатации

Примерами особых условий эксплуатации являются:

- a) приложение момента развинчивания против часовой стрелки при проведении другой последовательности испытаний;
- b) резьбовые соединения с многоэлементным уплотнением;
- c) скопление резьбовой смазки под давлением;
- d) горизонтальные и длинные скважины, требующие высокой прочности на сжатие и на кручение;
- e) скважины со средним и малым радиусом кривизны;
- f) буровые платформы на телескопических опорах, плавающие платформы, нежесткие вышки;
- g) геотермальные скважины и скважины для закачки пара;
- h) пробное свинчивание и развинчивание для имитации особо тяжелых условий эксплуатации;
- i) осадка поверхности, уплотнение пласта или соляных пластов;
- j) быстрое охлаждение уплотнения резьбового соединения;
- k) вероятностная оценка работоспособности резьбового соединения;
- l) забивка направляющей трубы;
- m) механические соединения трубопроводов;
- n) высоколегированные коррозионностойкие материалы с анизотропными свойствами;
- o) горячие скважины;
- p) кислые скважины.

ДА.Г.3 Испытания резьбовых соединений для особых условий эксплуатации

ДА.Г.3.1 Скважины со средним и малым радиусом кривизны

Траектория скважины характеризуется высокой степенью прогиба (D_{leg}), превышающей 20° на длине 100 футов, после которого расположен почти горизонтальный участок. При прохождении обсадных и насосно-компрессорных труб по скважине такого профиля их резьбовые соединения подвергаются большим изгибающим нагрузкам. Такие трубы приходится иногда вращать для облегчения прохождения по скважине, что может вызвать усталостное разрушение резьбового соединения. Для подтверждения прочности резьбового соединения при эксплуатации в таких условиях рекомендуется проведение испытаний гидростатическим давлением (или давлением газа) с изгибом до запланированной степени прогиба D_{leg} и с некоторым запасом прочности.

ДА.Г.3.2 Испытание на свинчивание и развинчивание для имитации полевых условий

Такие испытания, описанные в настоящем стандарте, проводятся на соединениях муфт с короткими трубами, свинченными в комфортных условиях испытательной лаборатории. Реальное свинчивание в полевых условиях может проходить при воздействии ряда неблагоприятных факторов:

- a) в полевых условиях соединяют обсадные и насосно-компрессорные трубы полной длины (PSL-2 или PSL-3 по ISO 11960);
- b) посадка и свинчивание производятся в вертикальном положении;
- c) эксплуатация может проводиться в тяжелых климатических и погодных условиях, например, при дожде, ветре, низких или высоких температурах;
- d) возможно неточное центрирование, например, буровой вышки над ротором или ротора над скважиной;
- e) в открытом море может оказывать влияние перемещение плавучей буровой установки и даже стационарной глубоководной установки;
- f) при наличии нескольких резьбовых соединений в длинной колонне, человеческий фактор может оказывать влияние на посадку, свинчивание, окончательное довинчивание и т.п.;
- g) подъемные операции при ремонтных работах требуют развинчивания резьбовых соединений после длительного пребывания в тяжелых условиях воздействия температуры, углеводородов и т. п.

Все это оправдывает имитацию полевых условий при реализации отдельных проектов. Например, можно заводить в муфту и свинчивать с ней трубу полного размера или отрезок трубы с массой, равной массе трубы полной длины. Эти действия можно повторять при разных углах отклонения трубы, имитируя неточное центрирование при сильном ветре. Испытание на свинчивание и развинчивание можно проводить с

эксцентриситетом, имитируя влияние несоосности. Для более точной имитации условий развинчивания для ремонта, резьбовое соединение может быть нагрето между операциями свинчивания и развинчивания, чтобы имитировать ухудшение свойств резьбовой смазки во время эксплуатации.

ДА.Г.3.3 Скопление резьбовой смазки под давлением

Скопление резьбовой смазки в резьбовом соединении может существенно ухудшить работоспособность соединения. Это может привести к большим пластическим деформациям зоны уплотнения, при этом момент свинчивания будет расходоваться на преодоление сопротивления скопления смазки, что приведет к снижению предварительного свинчивания соединения.

Если желательно учитывать влияние количества резьбовой смазки на работоспособность соединения, то рекомендуется следующая процедура испытания:

а) после первого уплотнения для поддержания внутреннего давления в ниппельном или раструбном элементе сверлят отверстие для контроля давления смазки в этой зоне во время свинчивания. В отверстии нарезают резьбу под датчик давления, который присоединяют непосредственно или через короткую жесткую трубку;

б) перед свинчиванием резьбового соединения тщательно измеряют диаметр уплотнения и диаметр отверстия, в котором оно установлено;

с) наносят резьбовую смазку способом и в количестве, соответствующим рекомендациям изготовителя. Заполняют смазкой полость и линию к датчику и к манометру;

д) свинчивают резьбовое соединение с минимальным моментом свинчивания, рекомендованным изготовителем;

е) измеряют и регистрируют давление резьбовой смазки (с датчиком давления следует использовать аналоговую или быстродействующую цифровую систему);

ф) развинчивают резьбовое соединение, очищают резьбу и уплотнение, снова измеряют размеры резьбового соединения;

г) повторяют операции с) – ф) с обычным моментом свинчивания, рекомендованным изготовителем;

h) повторяют операции с) – ф) с максимальным моментом свинчивания, рекомендованным изготовителем;

и) повторяют операции с) – h) с количеством резьбовой смазки, вдвое больше рекомендованного изготовителем;

j) повторяют операции с) – h) с количеством резьбовой смазки, втрое больше рекомендованного изготовителем.

Если при количестве резьбовой смазки, рекомендованном изготовителем, будет отмечена чрезмерная пластическая деформация, то при использовании резьбового соединения необходима особая осторожность.

Если чрезмерная пластическая деформация будет отмечена при количестве резьбовой смазки, вдвое или втрое больше рекомендованного, то необходимо предупредить эксплуатационный персонал о последствиях чрезмерного добавления смазки и рассмотреть возможность применения специальных действий по дозированию смазки.

ДА.С.3.4 Разделение отдельных уплотнений

При испытаниях по настоящему стандарту, резьбовые соединения с многоэлементным уплотнением испытывают со всеми уплотнениями вместе без каких-либо отверстий или каналов, т.е. так, как они должны эксплуатироваться. Однако для лучшей оценки эффективности отдельных уплотнений некоторые заказчики могут потребовать индивидуального испытания уплотнений. Так, каждое отдельное уплотнение можно испытать под первичным давлением при неработающих остальных уплотнениях.

В резьбовых соединениях с многоэлементными уплотнениями рекомендуется испытать под внутренним давлением только два самых внутренних уплотнения. Все остальные уплотнения считаются при этом нерабочими и разгружаются при помощи отверстия между уплотнениями или путем их обхода.

ДА.С.3.5 Области применения. Осадка пород и соляные пласты, условия вечной мерзлоты

В некоторых пластах происходит осадка пород при потере давления в пустотах. Это приводит к осадке всей формации и вертикальному перемещению колонны в скважине. Вертикальные и боковые смещения скважины могут быть также вызваны перемещением соляных пластов. В таких условиях могут возникать нагрузки, далеко превосходящие предел текучести материала труб.

Имитация таких условий при испытаниях должна включать высокие осевые и изгибающие нагрузки. В некоторых случаях смещение пород может полностью порвать колонну или перекрыть скважину. Это необходимо учитывать при проектировании скважины.

Геология в арктических регионах может создавать в скважине условия, при которых в колонне труб возникают напряжения сжатия, превышающие предел текучести. В этих регионах вблизи поверхности земли имеется слой вечной мерзлоты. Бурение и добыча могут привести к таянию мерзлоты и вызвать осадку скважины. При этом колонны труб испытывают медленно возрастающее осевое сжатие, которое может превысить предел

текучести материала труб. В некоторых случаях сжатие может привести к локальному выпучиванию труб.

Испытание резьбовых соединений для применения в таких условиях должно включать осевое сжатие до деформаций 2 % и больше. Образцу потребуются боковые опоры для предотвращения потери устойчивости и выпучивания. Необходимо предусмотреть также возможность искривления скважины.

ДА.Г.3.6 Условия быстрого охлаждения

В скважинах с аномально высокими температурами насосно-компрессорные трубы работают при более высоких температурах, чем обычно. При некоторых операциях, например, при глушении или кислотной обработке скважины в нее закачивают холодную жидкую среду, что приводит к быстрому охлаждению насосно-компрессорных труб. При этом уплотнение ниппельного элемента может испытывать осадку быстрее, чем уплотнение раструбного элемента, уплотнение металл-металл может выйти из сопряжения с появлением утечки в соединении.

Для скважин с аномально высокими рабочими температурами, которые могут испытывать такое быстрое охлаждение насосно-компрессорных труб, следует рассмотреть возможность испытания резьбовых соединений насосно-компрессорных труб для этого варианта нагрузки.

ДА.Г.3.7 Применение стимуляции

Для улучшения добычи в некоторые продуктивные пласты закачивают специальные жидкости, при этом нагрузки контролируют механически, с поверхности. Глубоководные и высокотемпературные скважины испытывают высокое растяжение и внутреннее давление, а также высокое сжатие и наружное давление в результате пластового давления и температуры в течение срока службы скважины, процесс закачивания также может создавать максимальное напряжение и нагрузки.

Испытания на данные сферы применения должно включать высокое осевое растяжение, внутреннее давление и изгибающие нагрузки с более 20 циклами нагружения, включающими внутреннее давление и растяжение с изгибом и без него. В некоторых случаях, смещение может полностью разъединить колонны. Испытания должны включать повышенную температуру не менее 275 °F (135 °C), с изгибом свыше 20° на 100 футов, циклические изменения температуры окружающей среды во время циклических изменений давления. В конце следует включить растяжение с увеличением внутреннего давления до разрушения для определения пределов соединения после циклических испытаний. Для длинных и горизонтальных скважин дополнительно см. ДА.Г.3.10.

ДА.Г.3.8 Обратный крутящий момент

В тех случаях, когда требуется или возможна эксплуатация резьбового соединения при обратном крутящем моменте, может потребоваться оценка стойкости резьбового соединения к обратному крутящему моменту. Так, заказчик может потребовать, чтобы резьбовое соединение выдерживало обратный крутящий момент, равный 60 % момента свинчивания. Насосно-компрессорные трубы могут испытывать воздействие обратного крутящего момента в дополнение к внутреннему давлению, циклическому растяжению-сжатию и изгибу.

Кручение против часовой стрелки можно имитировать при помощи противовеса, закрепленного на рычаге, или при помощи другой системы, например, гидравлической. На теле трубы около резьбового соединения можно разместить тензодатчики для проверки величины кручения. Для облегчения расчета нагрузок напряжения от кручения можно компенсировать уменьшением внутреннего давления, так, чтобы напряжения соединения оставались в рамках предела текучести.

ДА.Г.3.9 Закачка пара в пласт и геотермальные скважины

В скважинах, в которых используется закачка пара в пласт, и в геотермальных скважинах, обсадные и насосно-компрессорные трубы могут подвергаться воздействию необычно высоких осевых нагрузок. Относительно высокая температура закачиваемого пара вызывает термическое расширение, напряжения от которого могут превысить предел текучести. Во время добычи температура в скважине снижается, и колонна труб испытывает растяжение, которое также может превысить предел текучести. Геотермальные скважины также подвергаются воздействию больших температурных колебаний при прекращении отвода пара.

Для оценки соединений, применяемых для таких условий, требуются испытания на растяжение-сжатие. Испытание должно включать нагрев и охлаждение испытательного образца резьбового соединения до ожидаемых температур при закрепленных концах элементов испытательного образца и приложенном внутреннем давлении. Необходимо учесть изгиб резьбового соединения, как при эксплуатации, так и при испытании.

ДА.Г.3.10 Длинные и горизонтальные скважины

В таких скважинах вращение колонны может потребовать повышенного момента, в связи с этим необходима специальная конструкция резьбового соединения.

Если момент для стандартного свинчивания резьбового соединения близок к максимальному моменту свинчивания, соответствующему пределу текучести материала, то дополнительные испытания не требуются. Если запас между максимальным моментом свинчивания и моментом на пределе текучести меньше 10 %, то заказчик может потребовать дополнительной проверки на стойкость к перетягиванию.

Можно рекомендовать повторить свинчивание как указано в ДА.7.2.2 с максимальным моментом, затем приложить момент свинчивания, на 10 % меньше момента на пределе текучести, развинтить соединение, очистить и измерить резьбовое соединение. Результаты измерений указывают в отчете в соответствии с ДА.7.2 и рисунком ДА.В.6.

ДА.Г.3.11 Забивка направляющей трубы

Направляющие трубы могут быть установлены в заранее пробуренные скважины, или в скважины, пробуренные в мягком грунте гидравлическим способом, или забиты в него. Резьбовые соединения в забиваемых направляющих трубах испытывают при забивке большие ударные нагрузки. Рабочие характеристики таких соединений не должны ухудшаться под воздействием ударов. Для подтверждения прочности резьбовых соединений рекомендуется следующий порядок их испытания:

- a) закрепить тензодатчики и акселерометры на ниппельном и раструбном элементах;
- b) выполнить свинчивание резьбового соединения и провести испытание под внутренним гидростатическим давлением;
- c) имитировать забивку, нанеся по соединению 2000 ударов со скоростью 50 ударов в минуту;
- d) осмотреть резьбовое соединение на отсутствие повреждений;
- e) повторить гидростатическое испытание;
- f) развинтить соединение и проверить его компоненты визуально и обмером;
- g) на всех этапах испытания регистрировать показания тензодатчиков и акселерометров; провести анализ на чрезмерные пластические деформации и т.п.

ДА.Г.3.12 Соединения трубопроводов

Резьбовые соединения для труб нефтяного сортамента (ОСТГ) рассчитаны на применение внутри скважин, однако такие или подобные соединения могут применяться и в трубопроводах. Установлено несколько режимов сборки соединений в трубопроводах, включая режимы укладки труб «S-укладка», «J-укладка», «J-установка», циклическое нагружение давлением и разностью температур, изгиб и циклическое нагружение в межопорных пролетах, распространение турбулентности и волновой нагрузки при монтаже.

Рекомендуется следующий порядок аттестационных испытаний резьбовых соединений трубопроводов:

- a) выполнить пять циклов свинчивания-развинчивания;
- b) выполнить свинчивание соединения с приложением минимального момента;
- c) провести испытание под внутренним гидростатическим давлением;

d) для имитации прокладки трубопровода провести испытание на изгиб до достижения напряжения на верхней поверхности тела трубы, равного 80 % от предела текучести, затем испытать на изгиб в обратную сторону до достижения напряжения на нижней поверхности тела трубы, равного 80 % от предела текучести;

e) провести гидростатическое испытание с достижением тангенциальных напряжений, равных 90 % от предела текучести;

f) провести испытание внутренним давлением газа с достижением тангенциальных напряжений, равных 80 % от предела текучести, при осевой фиксации трубы и поддержании внутреннего давления:

1) температура цикла от 39 °F до 194 °F (от 4 °C до 90 °C);

2) выполнить 10 таких циклов;

g) провести испытание внутренним давлением газа с достижением тангенциальных напряжений, равных 80 % от предела текучести, без осевой фиксации трубы, но при поддержании внутреннего давления:

1) температура цикла от 39 °F до 194 °F (от 4 °C до 90 °C);

2) выполнить 10 таких циклов.

ДА.С.3.13 Горячие скважины

Настоящий стандарт может применяться для испытания резьбовых соединений при температуре свыше 356 °F (180 °C), при регулировании максимальной повышенной температуры, используемой при испытании. Для испытания резьбовых соединений с температурой свыше 550 °F (288 °C) при оценке необходимости программы испытаний следует учитывать текучесть и размягчение материала.

Приложение ДБ

(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным межгосударственным стандартам

Т а б л и ц а ДБ.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 3183 API Spec 5L	IDT	ГОСТ ISO 3183-2015 «Трубы стальные для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия»
ISO 11960 API Spec 5CT	MOD	ГОСТ 31446-2017 (ISO 11960:2014) «Трубы стальные, обсадные или насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия»
ISO/TR 10400 API TR 5C3	MOD	Проект ГОСТ (ISO/TR 10400:2018, MOD) «Трубы обсадные, насосно-компрессорные, бурильные и трубы для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Формулы и расчет свойств»
ISO 13680	IDT	ГОСТ ISO 13680-2016 «Трубы бесшовные обсадные, насосно-компрессорные и трубные заготовки для муфт из коррозионностойких высоколегированных сталей и сплавов для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия»
<p>П р и м е ч а н и е – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - IDT – идентичные стандарты; - MOD – модифицированные стандарты. 		

Библиография

- [1] API TR 5C3 Технический отчет с уравнениями и расчетами на обсадные, насосно-компрессорные и трубопроводные трубы, используемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб; и Таблица эксплуатационных характеристик на обсадные и насосно-компрессорные
(Technical Report on Equations and Calculations for Casing, Tubing, and Line Pipe Used as Casing or Tubing; and Performance Properties Tables for Casing and Tubing)
- [2] ASTM A370 Стандартные методы испытаний и определения для механических испытаний стальной продукции
(Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products)
- [3] ASTM E21 Стандартные методы испытаний металлических материалов на растяжение при повышенных температурах
(Standard Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials)
- [4] ASTM E11 Стандартный метод испытания для определения модуля Юнга, касательного модуля упругости, а также модуля материала, определяемого хордой
(Standard Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus)
- [5] ASTM E9 Стандартные методы испытания на сжатие металлических материалов при комнатной температуре
(Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Materials at Room Temperature)